Physiologie

von

Dr. R. Oestreich,

BERLIN.
Verlag von S. Karger.

E. Glauning — cand. med.

Graz, Oestreich

504

Compendium

der

Physiologie des Menschen.

Für Studirende und Aerzte

von

Dr. med. R. Oestreich,

Vol.-Assistent. am Patholog. Institut in Berlin.

Mit 75 Abbildungen und einer Farbentafel.

Berlin 1891.

Verlag von S. Karger.

Charitéstrasse 3.

g. m. 2070

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn

Geheimen Medicinal-Rath

Professor Dr. Rudolf Virchow

zur Feier seines 70. Geburtstages

als

ein geringes Zeichen der Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Vorwort.

Das vorliegende Büchlein soll in möglichst knapper Form die Lehren der Physiologie wiedergeben und dem Anfänger ein Leitfaden sein, dem Vorgeschrittenen eine kurze Uebersicht und Wiederholung ermöglichen. Bei der Abfassung der einzelnen Abschnitte wurde der Hauptwert darauf gelegt, neben der Wiedergabe der allgemein anerkannten Grundsätze auch den neueren Forschungsergebnissen auf diesem Gebiete gerecht zu werden, und ist der Verfasser besonders bestrebt gewesen, mit der gedrängten Kürze der äusseren Form eine möglichst klare und einfache Darstellung zu verbinden. Sollte das Buch in der vorliegenden Form dazu beitragen, das Studium der Physiologie zu erleichtern und zu fördern, so wäre damit der Wunsch und die Hoffnung des Verfassers erfüllt.

Berlin, 20. September 1891.

R. Oestreich.

Inhalt.

		Seite
I.	Das Herz	1
II.	Atmung (die Lungen)	23
III.	Das Blut	45
IV.	Lymphe	67
V.	Haemodynamik	74
VI.	Blutgefässdrüsen	92
VII.	Verdauung	97
VIII.	Harn und Schweiss	119
IX.	Bestandtheile des menschlichen Körpers; Stoffwechsel	135
X.	Tierische Wärme	155
XI.	Muskelphysiologie	167
XII.	Stimme und Sprache	184
XIII.	Allgemeine Nervenphysiologie	195
XIV.	Centralnervensystem	205
XV.	Peripherische Nerven	220
XVI.	Gefühlssinn	232
XVII.	Geruchssinn	239
XVIII.	Geschmackssinn	242
XIX.	Gehörssinn	245
XX.	Gesichtssinn	261
XXI.	Zeugung	286
Alphabetisches Register		298

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

I. Das Herz.

Das Herz liegt in der Brusthöhle, seine Längsaxe bildet mit der des Körpers einen Winkel von 50^0—60^0; auch ist das Herz um seine Längsaxe so gedreht, dass der rechte Rand mehr nach vorn, der linke etwas nach hinten sieht.*) Das Herz enthält 4 Höhlen: 2 Vorhöfe (Atrien) und 2 Kammern (Ventrikel). [Rechter Vorhof + rechter Ventrikel = rechtes Herz; linker Vorhof + linker Ventrikel = linkes Herz]. Zwischen rechtes und linkes Herz ist die Lunge eingeschaltet, so dass das Blut aus dem rechten Herzen in die Lunge fliesst und von da zum linken Herzen zurückkehrt. Die Capacitäten der einzelnen Herzhöhlen sind während des Lebens einander gleich, das Volumen jeder derselben beträgt (bei Erwachsenen) im Mittel etwa 150—180 cbctm.

An der Herzwand unterscheidet man, von aussen nach innen gehend, Pericardium (= Epicardium), Myocardium, Endocardium. Das Myocardium bildet die Hauptmasse des Herzens und besteht aus quergestreifter Muskulatur, trotzdem die Bewegungen des Herzens unwillkürlich, d. h. dem Willen nicht unterworfen sind. Nur an zwei Stellen des Körpers, Herz und Pharynx (Constrictores pharyngis), dient quergestreifte Muskulatur der Auslösung unwillkürlicher Bewegungen.

Die Muskelfasern des Herzens sind von denen der Skelettmuskeln verschieden:

*) Man ist aber gewöhnt, die Teile des Herzens so zu benennen, als ob es wirklich vertical aufgehängt wäre; daher bezeichnet man alles in der Längsaxe des Herzens gelegene als longitudinal oder vertical. Das Gleiche gilt für horizontal und transversal. [Transversal eigentlich = Verbindungslinie beider Schultern].

1) sie haben kein Sarcolemm (wenigstens ist ein solches nicht nachzuweisen),

2) sie anastomosieren vielfach,

3) sie zerfallen in Zellterritorien

(bei gewöhnlicher quergestreifter Muskulatur: Kerne ohne bestimmte Anordnung, in grosser Zahl an der Oberfläche der Fasern dicht unter dem Sarcolemm; bei Herzmuskulatur: Kerne im Innern der Fasern annähernd central, in gleichen Abständen, so dass jedem Kern ein gewisses Zellterritorium entspricht).

Bezüglich der Anordnung der Herzmuskulatur gelten zwei Sätze:

I) Die Muskulatur der Atrien ist schwächer als die der Ventrikel,

II) Die Muskulatur der rechten Seite ist schwächer als die der linken Seite.

Der Uebergang vom Atrium zum Ventrikel erfolgt durch das Ostium atrioventriculare (= Ostium venosum); jedes dieser beiden Ostien ist von einem Ringe, Annulus fibrosus (auch fibro-cartilagineus genannt) umgeben, der zugleich die Grundlage für die betreffende am Uebergange vom Vorhof zum Ventrikel gelegene Klappe (rechts Tricuspidalis, links Mitralis) bildet. Das Blut gelangt zuerst stets in den Vorhof und von da erst in den Ventrikel.

Die Muskulatur der Atrien ist von der der Ventrikel vollständig getrennt durch die Annuli fibrosi; daher ist auch die Contraction der Atrien durchaus selbständig, von der der Ventrikel unabhängig.

Muskulatur der Atrien.

1) Äussere, oberflächliche, transversale Schicht, parallel dem Annulus fibrosus, diese Fasern sind beiden Atrien gemeinschaftlich und verlaufen

α) in einfachen Touren
β) in Schleifen (8-Touren)

2) Innere, tiefe, vertikale Schicht, senkrecht zum Annulus fibrosus. Diese Fasern entspringen und inseriren am Annulus.

3) Circuläre Muskelfasern um die Herzohren und um die Einmündungen der grossen Gefässe (Hohlvenen, Lungenvenen, Vena magna cordis).

Diese Fasern (= Teil der Vorhofsmuskulatur) contrahieren sich und erschlaffen zugleich mit der Vorhofsmuskulatur; daher werden bei Contraction des Vorhofes zugleich die Einmündungsstellen der grossen Gefässe verschlossen und so eine Rückstauung des Blutes vom Vorhof aus in dieselben möglichst verhindert, während bei Erschlaffung des Vorhofs die zugleich erweiterten Einmündungsstellen ein leichteres Einströmen des Blutes in das Atrium gestatten.

4) Besondere Fasern um die Fossa ovalis, bilden den Limbus fossae ovalis (sive Limbus Vieussenii sive Annulus Vieussenii).

Die unter 1 und 2 genannten zu einander senkrecht stehenden Fasern bewirken durch ihre Contraction eine möglichst gleichmässige vollständige Verengerung des Atriums.

Muskulatur der Ventrikel.

Nur die äusseren Schichten und ein geringer Teil der mittleren Schichten umfassen beide Ventrikel zugleich, die inneren Schichten gehören jedem Ventrikel allein an.

Man unterscheidet:

I) Hauptmuskulatur

= mittlere, transversale Schicht, geht parallel dem Annulus fibrosus kreisförmig resp. spiralig (wenn die Fasern nicht zu ihrem Ausgangspunkt zurückkehren und nicht in derselben Ebene bleiben, sondern sich dem Annulus oder der Spitze nähern) gewunden um die Ventrikel. Infolge der vielfachen Anastomosen der Fasern findet man in dieser Schicht nirgends Faserenden.

II) Nebenmuskulatur

= longitudinale, verticale Schicht, senkrecht zum Annulus fibrosus

a) äussere Schicht
b) innere „

fassen die Hauptmuskulatur zwischen sich und stehen durch die Hauptmuskulatur hindurch vielfach mit einander in Verbindung. Die Fasern dieser beiden Schichten (a und b)

entspringen vom äusseren oder vom inneren Rande des Annulus und bleiben entweder in der äusseren beziehungsweise in der inneren Schicht oder

α) sie verlaufen vom äusseren Rande des Annulus entspringend in der äusseren Schicht bis zur Herzspitze, durchbohren daselbst sofort die mittlere Schicht und gelangen sodann in der inneren Schicht zum inneren Rande des Annulus.

β) sie verlaufen vom äusseren Rande des Annulus entspringend in der äusseren Schicht bis zur Herzspitze, umschlingen dieselbe spiralig (8-Tour), durchbohren nun erst die mittlere Schicht und gelangen sodann ebenfalls in der inneren Schicht zum inneren Rande des Annulus.

γ) sie gehen vom äusseren Rande des Annulus entspringend in der äusseren Schicht zur Herzspitze, verhalten sich dort wie die unter α und β beschriebenen Fasern, gelangen so durch die mittlere Schicht in das Innere und werden zu Mm. papillares. (Mm. papillares also nur = Teile der muskulösen Herzwand, contrahieren sich demnach mit ihr zugleich).

Der Uebergang der äusseren Faserzüge in die inneren findet sich, wie beschrieben, besonders an der Herzspitze (die dort statthabende Verschlingung der Fasern = Vertex cordis), aber auch an der Atrioventricularöffnung und in der Kammerscheidewand. Die Muskelbündel, welche die Herzwand construieren, springen mehr oder weniger frei in das Innere der Herzhöhlen hervor, in den Ventrikeln in verschiedenster Richtung = Trabeculae carneae, in den Vorhöfen mehr parallel (wie die Zähne eines Kammes) = Mm. pectinati.

Contraction des Herzens.

Herz = Kegel.

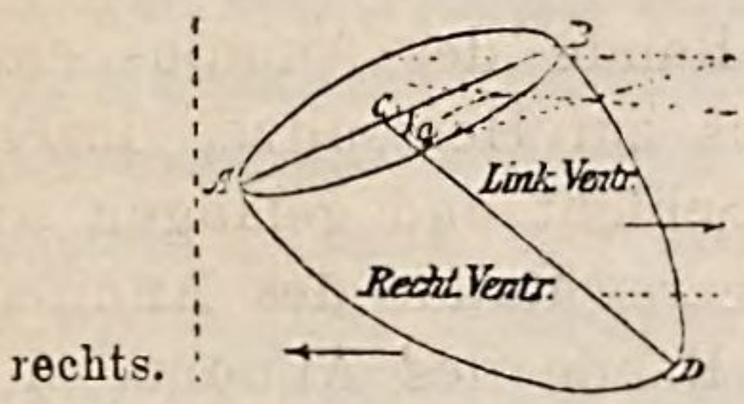
Basis des Kegels = Ventrikel- und Vorhofs-Grenze (AB). (Aeusserlich am Herzen kenntlich durch den Sulcus circul. cordis = Sulc. atrioventric.*)).

Höhe = Herzaxe (Längsachse des Herzens) = Verbindungslinie der Mitte der Basis mit der Herzspitze (CD).

---

*) Die Grenze zwischen beiden Ventrikeln ist auf der vorderen und hinteren Fläche des Herzens durch Furchen (Sulc. longit. ant.; Sulc. longit. post.) gekennzeichnet.

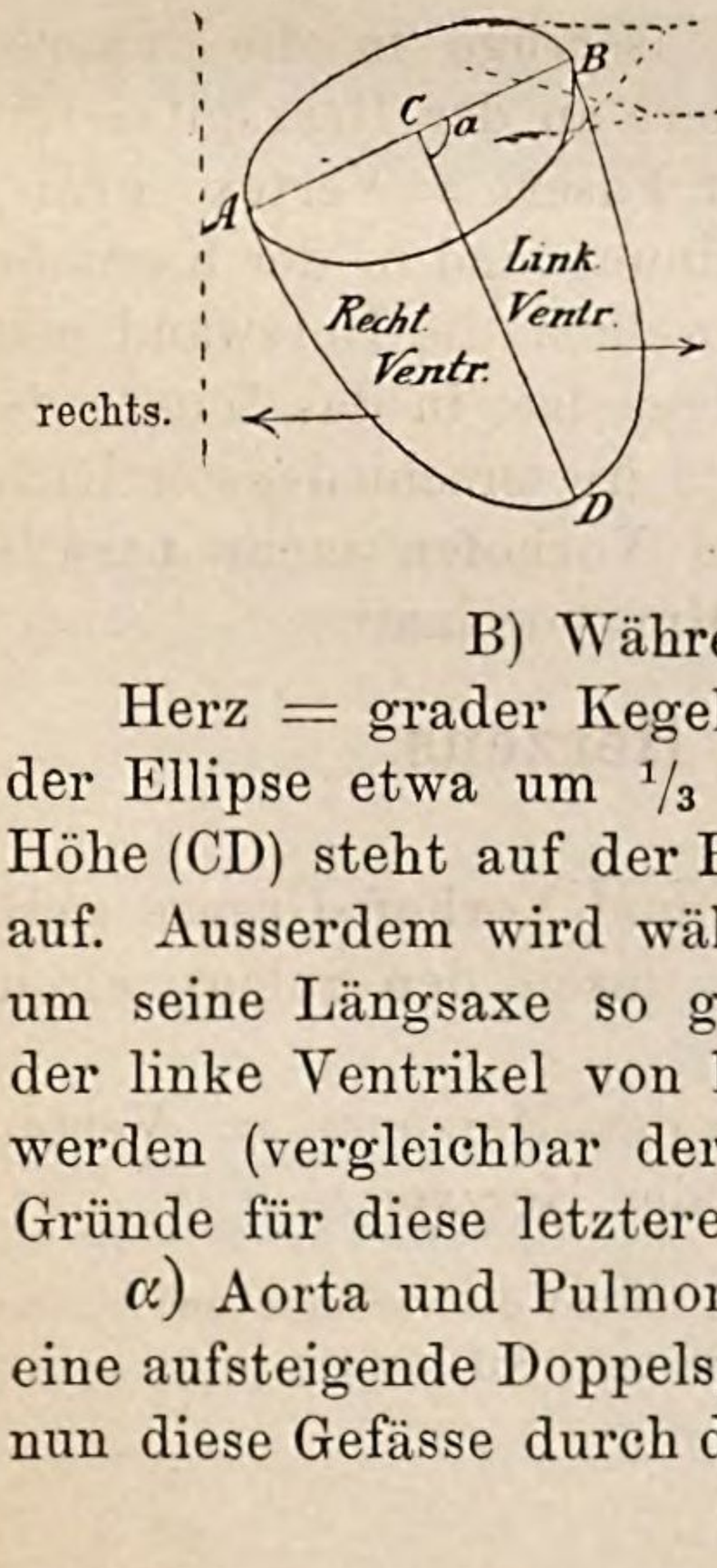
Fig. 1.
(Herz in der Ruhe, von vorn gesehen).



A) Während der Ruhe:

Herz = schiefer Kegel. Basis (AB) elliptisch (grosse Axe der Ellipse von links nach rechts, also transversal; kleine Axe der Ellipse von vorn nach hinten, also sternovertebral oder sagittal). Die Höhe (CD) steht auf der Basis unter einem (nach links offenen) spitzen Winkel (α) auf.

Fig. 2.
(Herz contrahirt, von vorn gesehen).



B) Während der Contraction:

Herz = grader Kegel. Basis (AB) kreisrund (grosse Axe der Ellipse etwa um $^1/_3$ verkleinert, kleine Axe vergrössert). Höhe (CD) steht auf der Basis unter einem rechten Winkel (α) auf. Ausserdem wird während der Zusammenziehung das Herz um seine Längsaxe so gedreht, dass der linke Herzrand und der linke Ventrikel von hinten etwas mehr nach vorn gerollt werden (vergleichbar der Supination der rechten Hand). Die Gründe für diese letztere Bewegung sind folgende:

α) Aorta und Pulmonalis bilden von ihrem Ursprunge an eine aufsteigende Doppelspirale, an der das Herz hängt; werden nun diese Gefässe durch das eingetriebene Blut gefüllt und ver-

längert, so wird auch die Spirale, verlängert, bestrebt sein, sich zu entrollen.

β) Die Anordnung der Ventrikelmuskulatur, indem nämlich unter den der äusseren longitudinalen Schicht allein angehörigen Faserbündeln einige von der ihnen eigentlich zukommenden longitudinalen Richtung abweichen und vom Annulus fibrosus dexter (vorderer, der Brustwand zugewendeter Teil) entspringend, auf der vorderen Herzwand über den linken Ventrikel hinweg von rechts oben nach links unten ziehen und so schliesslich auf die Rückseite des linken Ventrikels gelangen.

Kreislauf.

Das Blut des Körpers sammelt sich aus den Capillaren der einzelnen Organe in den Venen und gelangt in diesen zuletzt in die beiden Venae cavae (Vena cava sup., Vena cava inferior).

Uebersicht des gesamten Kreislaufs.

Vv. cavae.

A) Rechtes Herz (= Cor venosum).
- Rechtes Atrium.
- Rechte Atrioventricularklappe (Tricuspidalis = Ostium venosum dextrum).
- Rechter Ventrikel.
- Valvulae semilunares (arteriae pulmonal. = Ostium arteriosum dextrum).

B) Lungenkreislauf (= kleiner Kreislauf).
- Art. pulmonalis.
- Lungencapillaren (dort giebt das Blut CO_2 ab und nimmt O auf.)
- Vv. pulmonales.

C) Linkes Herz (= Cor arteriosum).
- Linkes Atrium.
- Linke Atrioventricularklappe (Mitralis = Ostium venosum sinistr.).
- Linker Ventrikel.
- Valvulae semilunares (Aortae) = Ostium arteriosum sinistr.).

D) Körperkreislauf (= grosser Kreislauf).
- Aorta.
- Arterien.
- Capillaren. (Alle Teile des Körpers nehmen aus dem Capillarblut O auf und geben dafür an dasselbe CO_2 ab.)
- Venen.
- Venae cavae.

Das Blut strömt in der durch den Pfeil angezeigten Richtung.

Jedes aus dem Körperkreislauf kommende Blutteilchen muss rechtes Herz (A), Lungenkreislauf (B), linkes Herz (C) durchlaufen und gelangt dann wieder in den Körperkreislauf.

(Fötalkreislauf siehe Abschnitt V.)

Pfortaderkreislauf (auch intermediärer Kreislauf genannt): Die Venen der unpaaren Organe des Verdauungstractus (V. coronaria ventriculi, V. mesenterica sup., V. mesenterica inf., V. lienalis) führen nach ihrer Vereinigung ihr Blut nicht direkt der Vena cava inf. zu, sondern das sich aus ihnen zusammensetzende Gefäss, die Vena portarum, zerfällt noch einmal (innerhalb der Leber) in Capillaren, erst diese sammeln sich zu der in die V. cava inf. abfliessenden V. hepatica. Das Blut dieser Teile durchströmt also der Reihe nach:

Arterien, Capillaren, Venen } der unpaaren Organe des Verdauungstractus:
1) Magen, 2) Darm } = Chylificationsorgane.
3) Milz.
4) Pankreas.

V. portarum.
Capillaren (in der Leber gelegen).
V. hepatica.
V. cava inf.

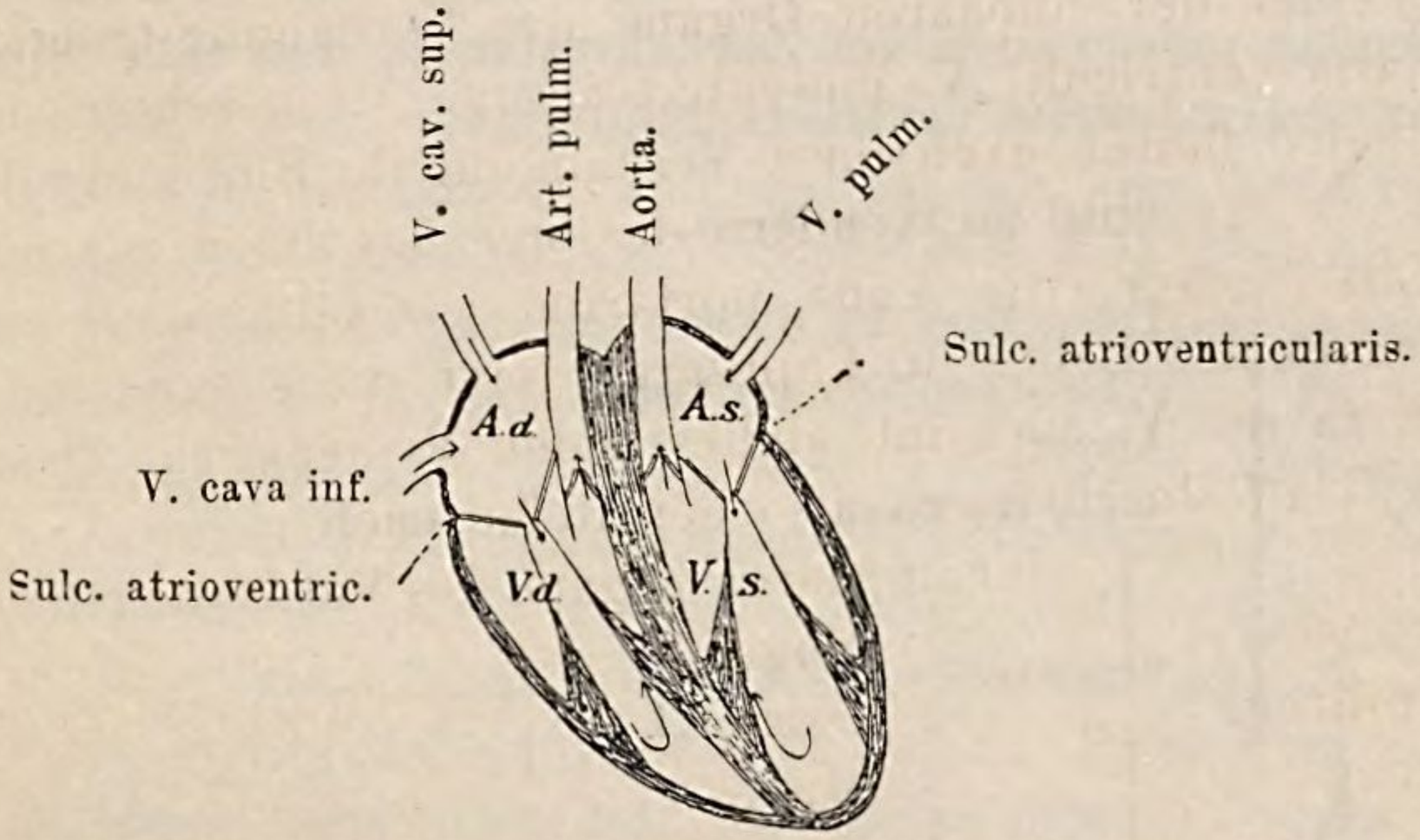
Klappen.

Jede der Herzhöhlen besitzt mehrere Oeffnungen, durch die das Blut ein- resp. ausströmt. Wenn eine der Herzhöhlen sich zusammenzieht, so ist sie bestrebt, das in ihr enthaltene Blut möglichst vollständig hinauszutreiben. Damit nun der Blutstrom sich stets in der bestimmten gleichen Richtung fortbewege, bedarf es besonderer Apparate, die während der Contraction der betreffenden Höhle dem ausfliessenden Blute alle Wege bis auf einen verschliessen und so das Blut zwingen, diesen einen Weg zu benutzen.

Wenn das rechte Atrium sich zusammenzieht, darf das Blut nicht in das Körpervenensystem, d. h. in die beiden Venae cavae und in die Vena magna cordis regurgitieren, sondern muss in den rechten Ventrikel strömen. Da nun, wie bereits früher erwähnt, die Muskulatur der Atrien circuläre Muskel-

fasern um die Einmündung der genannten Venen besitzt, so werden dieselben zugleich mit der Contraction des rechten Atriums verschlossen und dem Blut bleibt nur der Abfluss in den rechten Ventrikel.

Fig. 3.



(Zur Erleichterung der Uebersicht sind in vorstehender Figur Aorta und Art. pulmonalis als parallel verlaufend dargestellt; in Wahrheit kreuzen sich beide Gefässe so, dass die Art. pulmonalis vor der Aorta gelegen ist.)

Der Abschnitt des Ventrikel, welcher sich verjüngt, um in den Anfangsteil der Arterie (Art. pulmoralis, Aorta) überzugehen, heisst Conus arteriosus.

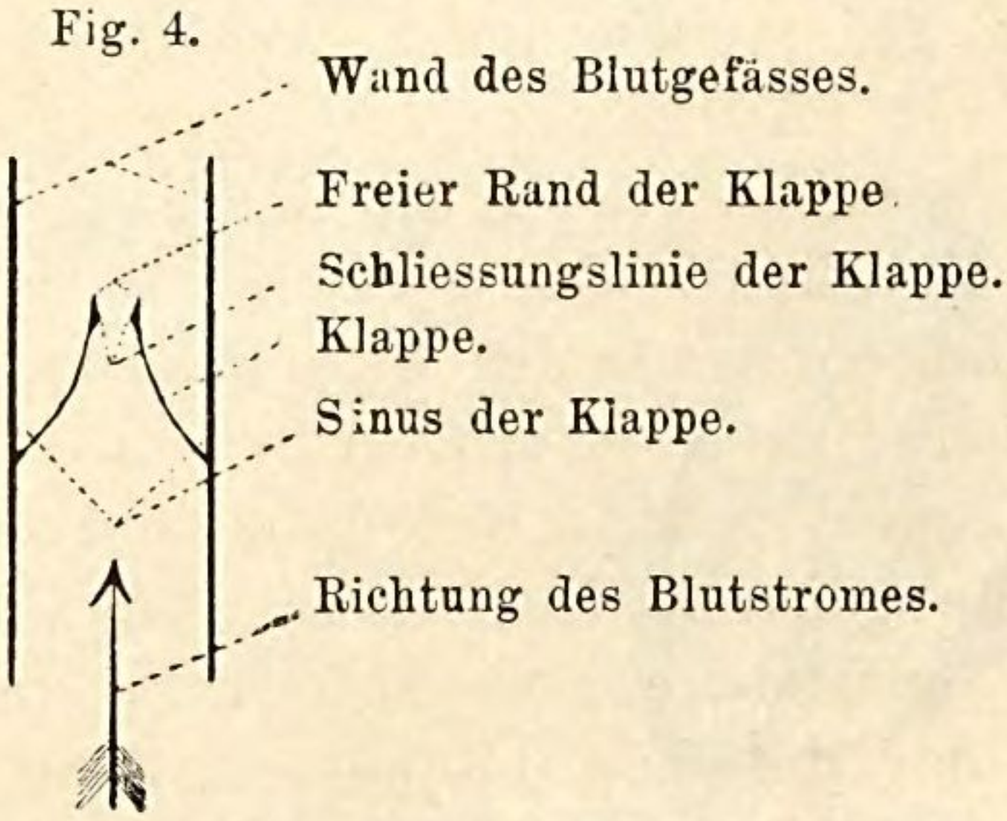
Während der Contraction des rechten Ventrikels, wird durch die Valvula tricuspidalis das Ostium atrioventriculare dextrum verschlossen, und das Blut fliesst nicht in den Vorhof zurück, sondern in die Art. pulmonalis. Sobald das Blut in die Art. pulmonalis geworfen ist, wird der Ventrikel wieder erweitert, um neues Blut aus dem Vorhof zu empfangen; das in der Art. pulmonalis befindliche Blut wird durch die im Anfangsteil der Art. pulmonalis angebrachten Valvulae semilunares am Zurückfliessen (in den Ventrikel) gehindert.

Das aus den Lungen zurückkehrende Blut fliesst durch die 4 Lungenvenen (2 rechte, 2 linke) in das linke Atrium; bei Contraction dieses Atriums werden auch durch die der Muskulatur der Atrien angehörigen Kreisfasern um die Einmündungen der Lungenvenen diese verschlossen, ein Regurgitiren des Blutes in die Lunge somit unmöglich; das Blut wird in den linken Ventrikel getrieben.

Während der Zusammenziehung des linken Ventrikels

wird das Ostium atrioventriculare sinistrum durch die Valvula bicuspidalis (= Mitralis) geschlossen, das Blut kann nicht in das Atrium sinistrum zurück und wird nur in die Aorta hinein fortbewegt. Befindet sich das Blut in der Aorta, so wird es durch die im Anfangsteil der Aorta inserierenden Valvulae semilunares am Zurücktreten in den sich wieder erweiternden linken Ventrikel gehindert.

Fig. 4.



Alle Klappen*) nicht allein des Herzens, sondern auch der Körpervenen, liegen in der Richtung des Blutstromes so, dass sie beim Hindurchströmen des Blutes an die Wand gedrückt werden, sich aber bei einer etwaigen Rückstauung alsbald schliessen und ein weiteres Rückströmen unmöglich machen. Jedoch haben sie alle den Fehler, dass sie sich erst unter einem gewissen Druck stellen und unterdessen immer ein wenn auch sehr kleiner Teil der Flüssigkeit zurückfliesst. Um diesen Fehler etwas auszugleichen, sind zwischen Körpervenenblut Lungenvenenblut einerseits und den Ventrikeln anderseits die Atrien eingeschaltet. Die Atrien werden ja, wie schon besprochen, gegen das Gefässsystem, durch muskulöse Ringe, nicht durch Klappen abgeschlossen, verhindern also eine Regurgitation des Blutes aus den Ventrikeln direkt in das Gefässsystem während der Contraktion der Ventrikel.

Semilunarklappen (= Taschenventile).

Jede Valvula semilunaris stellt einen Halbmond dar, dessen

---

*) Man bezeichnet als „Klappe“ sowohl einen ganzen Klappenring, als auch die einzelnen Klappen eines solchen Ringes. Alle Klappen sind Duplicaturen der innersten Wandschicht, am Herzen des Endocards.

Convexität in der Arterienwand (Aorta, Art. pulmonalis) wurzelt, während die Concavität, frei beweglich, gegen den weiteren Verlauf der Arterie gerichtet ist. Jede Klappe bildet so mit der Arterienwand zusammen eine Tasche (Sinus Valsalvae), in der sich das zurückströmende Blut fängt und den concaven Klappenrand von der Arterienwand entfernt. Dadurch nähern sich die Klappen dem Mittelpunkt des Gefässes, legen sich aneinander und stellen den Verschluss der Arterie gegen den Ventrikel her. Aorta und Art. pulmonalis haben je 3 Klappen, Aorta eine rechte, eine linke, eine hintere, Art. pulmonalis eine rechte, eine linke, eine vordere. In der Mitte der Concavität jeder Klappe (also in der Mitte des freien Randes) findet sich ein etwas hervorragendes Knötchen, Nodulus Arantii, wodurch der freie (concave) Rand wiederum in zwei kleinere Concavitäten, Lunulae genannt, zerfällt. Wenn die Klappen sich zusammenlegen, entsteht ein Y. Beim Klappenschluss berühren sich nicht nur die freien Ränder, sondern damit der Verschluss ein desto sicherer sei, legen sich die Klappen auch mit einem geringen Teil ihrer den Ventrikel zugewandten Flächen an einander. Diese Berührungsflächen stellen auf den einzelnen Klappen schmale Streifen dar, welche einerseits durch den freien Rand der Klappe, andrerseits durch eine deutlich hervortretende Linie, die sogenannte Schliessungslinie, begrenzt werden.

Segelventile.

Jede dieser Klappen stellt ein gleichschenkliges Dreieck dar, dessen Basis im Annulus fibrosus des betreffenden Ostium atrioventriculare inseriert, während die Spitze des Dreiecks in den betreffenden Ventrikel hineinhängt. Von den Schenkeln des Dreiecks (= freiem Rande der Klappe) und der Spitze gehen Sehnenfäden, Chordae tendineae, zu den aus der Ventrikelwand warzenförmig hervorspringenden Mm. papillares. Man vergleicht diese Klappen mit Segeln, die Chordae tendineae mit den das Segel fixierenden Tauen. Während der Ventrikel sich durch das noch offene Ostium atrioventriculare füllt, tritt schon das Blut auch zwischen Klappe und Wand, entfernt die Klappe (und zwar zuerst ihren basalen Teil) von der Wand, nähert die Klappen einander; wenn nun der völlig gefüllte

Ventrikel anfängt sich zu contrahieren, werden die Klappen gestellt, d. h. vollständig geschlossen. Die Klappen würden durch den während der Ventrikelcontraction herrschenden Druck in das Atrium hineingeschlagen werden, wenn nicht zugleich mit der Ventrikelcontraction auch die Mm. papillares (= ein Teil der Ventrikelmuskulatur) sich durch Contraction verkürzten und die Klappen im Ostium atrioventriculare fixierten. Am rechten Ostium atrioventriculare hat die Klappe 3 Segel (Zipfel) = Valvula tricuspidalis, am linken Ostium finden sich nur 2 Segel = Valvula bicuspidalis (auch Valvula mitralis genannt). Zwischen je 2 Klappen liegt ein Papillarmuskel, der die Sehnenfäden zweier benachbarter Klappen empfängt und dadurch bei Klappenschluss die einander benachbarten Klappen nähert und zur Anlagerung bringt. Die 3 Segel der Valvula tricuspidalis sind ein vorderes, ein hinteres und ein am Septum ventriculorum gelegenes; die Valvula bicuspidalis besitzt nur 2 einander gerade gegenüberliegende Segel, ein vorderes (auch Aortensegel genannt) und ein hinteres (Vorhofssegel). Die Valvula tricuspidalis bildet daher beim Schluss ein Y, die Valvula bicuspidalis eine (annähernd) gerade Linie.

Auch an den Segelventilen verlaufen (ähnlich wie bei den Taschenventilen) auf der Vorhofsfläche der Klappen parallel und in geringer Entfernung des freien Randes die Schliessungslinien.

Spitzenstoss.

[Am Thorax werden zur topographischen Bezeichnung verticale Linien, parallel der Längsaxe des Körpers, gezogen:

Sternallinie: längs den beiden Rändern des Sternum.

Mammillarlinie (Papillarlinie): gezogen durch die Brustwarze.

Parasternallinie: in der Mitte zwischen Mammillarlinie und Sternallinie.

Axillarlinie: durch die Achselhöhe.

Scapularlinie: durch den untern Winkel der Scapula.

Angulus Ludovici = quere Leiste zwischen Manubrium und Corpus sterni (entspricht dem Ansatz der II. Rippe).

Das Blut im Ventrikel hat zu überwinden bei der Systole
1. d Schwere des Blutes in der Aorta
2. d Elastizität der Aortenwand } Widerstand in der Aor
3. Reibg u Trägheit des Aortenblutes 13

Harrisonsche Furche = seichte wagerechte Furche an der vorderen Brustfläche (entsprechend dem normalen Stand des Zwerchfells).

Sibsonsche Furche = unterer Rand der M. pectoral. maior.

Sternovertebraldurchmesser = Verbindung zwischen Sternum und Wirbelsäule.]

Während der Zusammenziehung der Ventrikel sieht man an der Stelle der Herzspitze, d. h. im V. linken Intercostalraum zwischen Parasternal- und Mammillarlinie die Herzwand pulsieren, und die aufgelegte Hand fühlt dort eine Erschütterung, den Spitzenstoss (Herzstoss, Voussure).

Wenn der Ventrikel vollständig vom Vorhofe aus gefüllt worden ist, schickt er sich zur Zusammenziehung (Systole) an. Die Atrioventricularklappen werden gestellt; die Arterienklappen sind noch von der letzten Füllung der Arterien her geschlossen und müssen nun durch den innerhalb des Ventrikels anwachsenden Druck wieder eröffnet werden. Die Zeit, während welcher Atrioventricularklappen und Arterienklappen zugleich geschlossen sind, bezeichnet man als Verschlusszeit; erst wenn es dem sich immer stärker contrahierenden Ventrikel gelungen ist, den in den Arterien herrschenden Druck zu überwinden, beginnt die Austreibung. Der schlaffe vollständig gefüllte Ventrikel geht also in den contrahierten vollständig gefüllten Ventrikel über, welcher letztere erst nach Ablauf der Verschlusszeit seinen Inhalt in die Arterien entleert. Die Verschlusszeit entspricht dem Spitzenstoss; als Grund des Spitzenstosses ist mithin die systolische (d. h. die durch die Contraction bedingte) Formveränderung des Herzens (siehe Seite 5) zu betrachten. Sobald der Spitzenstoss das Maximum seiner Hebung erreicht hat, ist die Verschlusszeit beendet, der Ventrikel hat den in den Arterien herrschenden Druck überwunden, die Austreibungszeit beginnt und mit ihr zugleich der Abfall der Herzstosscurve. (Cardiogramm = graphische Darstellung des Herzstosses.)

Der Herzstoss gehört beiden Ventrikeln, dem rechten und dem linken, zugleich an, obgleich aus anatomischen Gründen (die Herzspitze wird hauptsächlich vom linken Ventrikel gebildet) der linke Ventrikel vorwiegend dabei beteiligt ist.

Der normale Spitzenstoss ist leicht hebend, mit 2 Fingern leicht zu bedecken, normal nicht sichtbar (nur fühlbar) und wird gefunden, indem man die am meisten nach aussen und unten gelegene pulsierende Stelle des Herzens aufsucht.

Rhythmus des Herzens, Herztöne.

Die Contraction (= Verkleinerung, Entleerung) der Herzhöhlen bezeichnet man als Systole, die Erschlaffung (= Erweiterung, Füllung) als Diastole.

Dadurch dass sich das Herz in einem serösen stets feuchten Sack bewegt, sind die Herzbewegungen als solche in normalem Zustande geräuschlos; dagegen werden innerhalb des Herzens teils durch Klappenschluss, teils durch Contraction der Muskulatur, teils durch Vibration der Wände der grossen Gefässe bestimmte Töne erzeugt.

Die Zusammenziehung der einzelnen Abteilungen des Herzens erfolgt nach einander in derselben Reihenfolge, in der sie vom Blut durchströmt werden; daher geht stets die Contraction der Atrien der der Ventrikel voran.

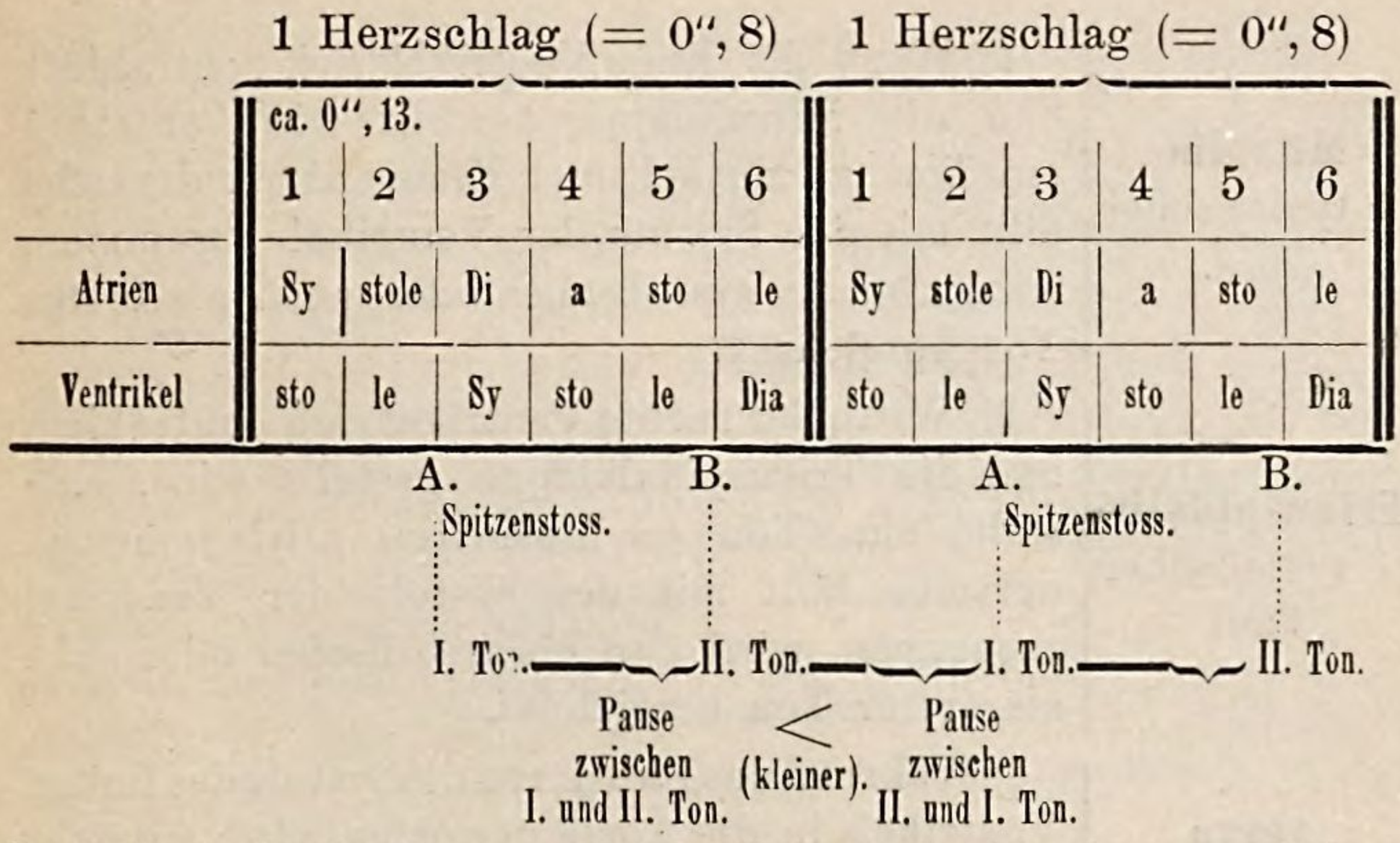
Eine gleiche Reihe von Erscheinungen wiederholt sich am Herzen in gewissen Zeiträumen (d. h. innerhalb 1 Minute etwa 75 mal) regelmässig*), den einmaligen Ablauf dieser Reihe bezeichnet man als einen Herzschlag. (Die Dauer eines Herzschlages beträgt demnach $\frac{1 \text{ Minute}}{75} = 0{,}8$ Sekunden). Die Ordnung, in welcher sich die verschiedenen Zustände in den einzelnen Herzabteilungen einander folgen, nennt man den Rhythmus der Herzthätigkeit. Um eine Uebersicht über diese während jedes Herzschlages sich gleichmässig wiederholenden Erscheinungen zu gewinnen, wird jeder Herzschlag in 6 gleiche Teile zerlegt (entsprechend den 6 Achteln des $^6/_8$-Taktes.

[Jedes Sechstel $= \frac{0{,}8}{6} = 0{,}13$ Sek.]

Die Reihenfolge und Dauer der einzelnen Vorgänge wird durch folgende Tabelle (= 2 Herzschläge) veranschaulicht:

---

*) Alle im Folgenden gegebenen Zahlen sind mittlere Werte.



Die beiden Atrien und die beiden Ventrikel arbeiten parallel und synchron so, dass also die entsprechenden Abteilungen beider Seiten, also beide Vorhöfe und beide Ventrikel, sich stets in vollkommen gleichen Zuständen befinden; die Zeit, während welcher alle Herzhöhlen erschlafft sind (siehe 6), heisst die grosse Herzpause. Wenn man angeben will, in welche Phase der Herzthätigkeit irgend ein Ereignis fällt, so richtet man sich nach den Ventrikeln, nicht nach den Vorhöfen. Daher ist der Spitzenstoss systolisch, Radialpuls (dem Spitzenstoss synchron) systolisch, I. Ton systolisch, II. Ton diastolisch; wenn in patholog. Fällen neben und anstatt der Herztöne Geräusche auftreten, so bezeichnet man diese, je nachdem ob sie in die Systole oder in die Diastole der Ventrikel fallen, als systolisch oder diastolisch. [Durch die Ventrikelsystole wird das Blut in die Arterien geworfen, diese werden also (herz-) systolisch erweitert].

Am Herzen entstehen im Ganzen 6 Töne

(durch
1) Muskelcontraction, siehe Muskelphysiologie.
2) Klappenschluss, denn Klappen, Sehnenfäden, elastische Gefässwände werden durch Spannung in Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht.
3) Vibration der Wände der grossen Arterien, Aorta und Pulmonalis; das gewaltsam eingetriebene Blut spannt die Wand an).

Mitralis (1 systolischer Ton). — 1) Wenn der linke Ventrikel sich contrahiert und die Mitralklappe gestellt wird, entsteht ein Ton (= Muskelton + Klappenton), derselbe fällt mit der Systole der Ventrikel zusammen, wird also als systolischer oder auch als erster Ton bezeichnet.

Tricuspidalis (1 systolischer Ton). — 2) Wenn der rechte Ventrikel sich contrahiert und die Tricuspidalklappe gestellt wird, entsteht ein Ton (= Muskelton + Klappenton), derselbe fällt mit der Systole der Ventrikel zusammen, wird also als systolischer oder auch als erster Ton bezeichnet.

Aorta (2 Töne: 1 systolischer Ton 1 diastolischer Ton). — 3) Während das Blut durch die Systole des linken Ventrikels in die Aorta geworfen wird, entsteht durch Vibration der plötzlich stark gespannten Aortenwand ein (systolischer oder erster) Ton.

4) Während der linke Ventrikel sich wieder erweitert (= Diastole), werden die Aortenklappen unter Erzeugung eines Tones (= diastolisch, auch als zweiter Ton bezeichnet) gestellt.

Pulmonalis (2 Töne: 1 systol. Ton 1 diastol. Ton). — 5) Indem das Blut durch die Systole des rechten Ventrikels in die Art. pulmonalis geworfen wird, entsteht durch Vibration der plötzlich stark gespannten Gefässwand ein (systolischer oder erster) Ton.

6) Wenn der rechte Ventrikel sich wieder erweitert (= Diastole), werden die Klappen der Art. pulmonalis unter Erzeugung eines (diastolischen oder zweiten) Tones gestellt.

Da zur Erzeugung der systolischen (ersten) Töne ausser dem Klappenschluss noch Muskelcontraction und Vibration der Arterienwände beitragen, so ist der erste Ton länger als der bloss durch Klappenschluss hervorgebrachte zweite (diastolische) Ton; ausserdem ist der erste Ton etwa um eine Quart tiefer als der zweite.

Da alle ersten (systolischen) Töne dem ersten Teil der Systole angehören und zeitlich zusammenfallen und auch die

zweiten (diastolischen) Töne, die im Anfang der Diastole gehört werden, sich decken, so hört man überall, wo man in der Herzgegend das Ohr anlegt, nur 2 Töne, einen systolischen (ersten) Ton und einen diastolischen (zweiten) Ton.

Alle Töne werden am deutlichsten und lautesten an der Stelle wahrgenommen, wo sie entstehen,*) sie werden aber auch, und zwar am besten in der (gleichen oder umgekehrten) Richtung des Blutstromes, fortgeleitet und an anderen Stellen gehört. Daher ist z. B. der an der Mitralis bei Klappenschluss entstehende (erste oder systolische) Ton auch an der Herzspitze sehr deutlich hörbar.

Die Lage der einzelnen Klappen ist folgende:

a) Die Klappen der **Pulmonalis** liegen im II. linken Intercostalraum, erstrecken sich 1,25 cm breit vom linken Sternalrande nach aussen.

b) Die Klappen der **Aorta** liegen hinter dem Sternum, dem II. Intercostalraum entsprechend und reichen bis zum rechten Sternalrand.

c) Die **Mitral**klappe liegt dem oberen Rand des III. linken Rippenknorpels gegenüber.

d) Die **Tricuspidal**klappe liegt vom Sternal-Ende des III. linken Rippenknorpels bis zum Sternal-Ende des V. rechten Rippenknorpels.

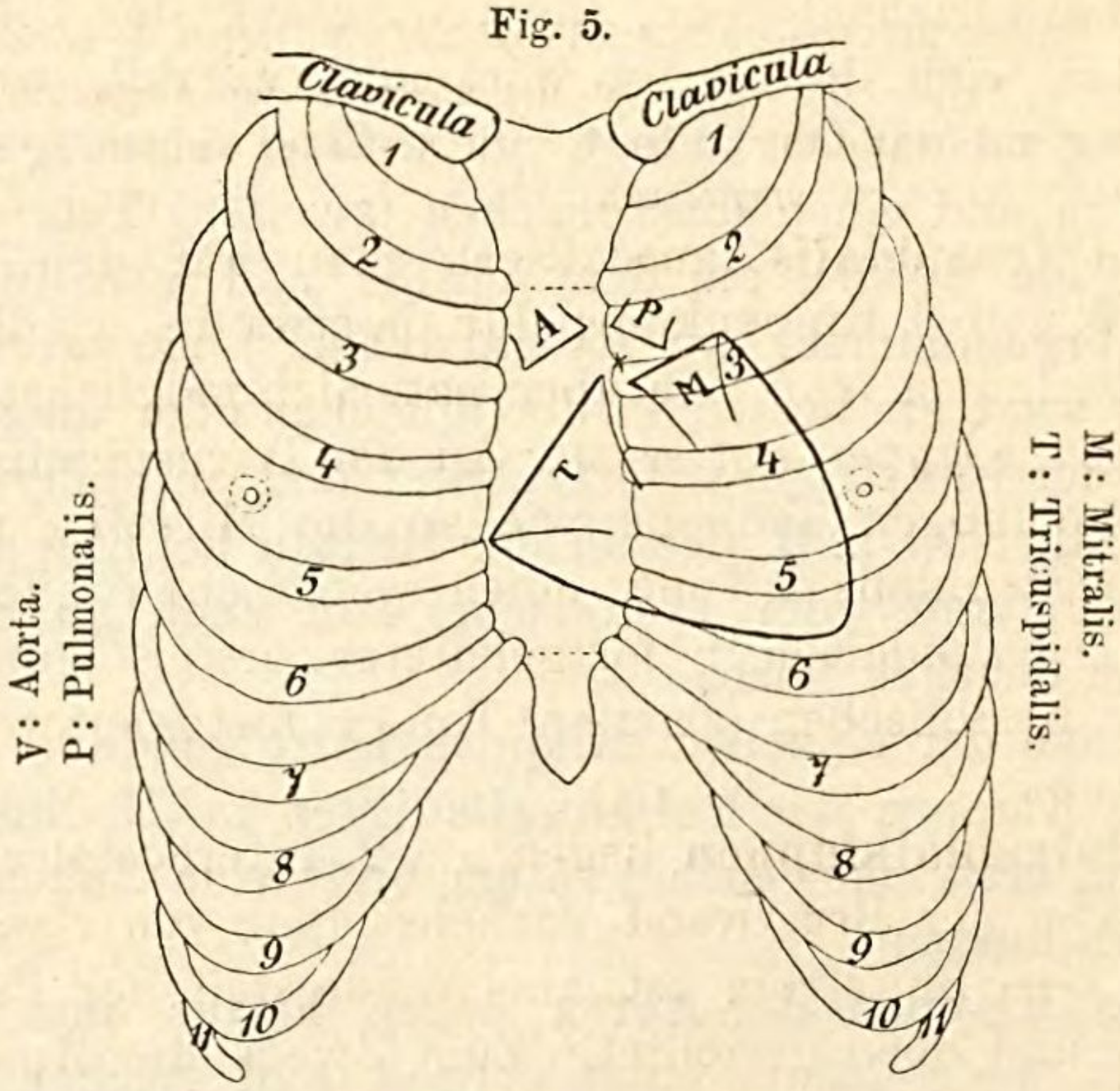
Bei dieser Lage der Klappen bildet das sternale Ende des III. Rippenknorpels eine Art Centrum, dem alle Klappen gleich nahe sind. (Fig. 5.)

Bei der Auscultation (auscultare hören, anhören) kommt es oft darauf an, die Töne einer Klappe möglichst isoliert und rein wahrzunehmen. Wollte man also beispielsweise die **Mitralis** an der Stelle, wo sie liegt, auscultieren, so würde man der anatomischen Lage zufolge neben dem Mitralton noch die Töne sämtlicher anderer Klappen hören. Daher wählt man in Anbetracht der Thatsache, dass die einzelnen Herztöne in verschiedenen Richtungen (Richtung des Blutstromes) fortgeleitet werden, einen Ort, wohin der Mitralton möglichst allein fort-

---

*) Wenn man in pathologischen Fällen den Ort der Entstehung z. B. eines Geräusches ermitteln will, sucht man die Stelle auf, wo dasselbe am lautesten ist.

Fig. 5.



gepflanzt rein hörbar ist. Da der Blutstrom von der Mitralklappe in der Richtung auf die (wesentlich vom linken Ventrikel gebildete) Herzspitze gerichtet ist, so ist dieser Ort eben die Herzspitze. Von dort strömt das Blut des linken Ventrikels dann zur Aorta, deshalb werden auch die Aortentöne an der Herzspitze gehört. Nicht fortgeleitet werden zur Herzspitze die Töne der Tricuspidalis und Pulmonalis. Man hört also an der Herzspitze eigentlich 3 Töne, den Mitralton und die beiden Aortentöne; Mitralton und erster Aortenton (beide systolisch) fallen zusammen und werden als ein (erster oder systolischer) Ton wahrgenommen, während der zweite (diastolische) Ton nur der Aorta angehört (wichtig für Pathologie).

Die **Aortenklappen** liegen im zweiten Intercostalraum hinter dem Sternum (und auch hinter der Art. pulmonalis); wollte man also an dieser Stelle auf dem Sternum auscultieren, so würden die Aortentöne vermischt mit den Tönen der Pulmonalis hörbar werden. Von den Aortenklappen aus geht der Blutstrom in der Richtung nach rechts und oben, daher findet man die Aortentöne am reinsten im zweiten Intercostalraum rechts neben dem Sternum; dahin werden die Töne der Pulmonalis nicht fortgepflanzt.

Man hört also an der Herzspitze: Mitralton + ersten Aortenton,
an der Aorta: ersten Aortenton allein.
An der Herzspitze ist der I. Ton stärker als der II., an der Aorta umgekehrt. (Klappentöne sind stärker als Vibrationstöne)

Die **Tricuspidalis** auscultiert man auf dem Sternum zwischen 5. und 6. Rippenknorpel (d. h. etwa da, wo die Klappe gelegen ist, indem man sich aber natürlich möglichst weit von den anderen Klappen entfernt). An der Tricuspidalis sind die Schallerscheinungen ähnliche wie an der Mitralis; man hört an der Tricuspidalis 2 Töne, einen systolischen (oder ersten) Ton (= Tricuspidalton + fortgeleiteter erster Pulmonalton) und einen diastolischen (zweiten) Ton (= fortgeleiteter zweiter Pulmonalton).

Die **Pulmonalklappen** liegen im 2. Intercostalraum links vom Sternum der Brustwand zunächst (nur von etwas Lunge bedeckt); der Blutstrom ist am Anfangsteil der Pulmonalis nach links und oben gerichtet. Zum Zweck der Auscultation sucht man die Pulmonalklappen ungefähr da, wo sie liegen, d. h. im II. Intercostalraum links vom Sternum auf.

Da die Lungen jeder Formveränderung des Brustkorbes zu folgen genötigt sind, so folgen sie nicht nur der Erweiterung und Verengerung des Brustkorbes durch die Atmung, sondern auch mit ihren Rändern den Formveränderungen des Herzens = kardiopneumatische Bewegungen.

Während der einzelnen Phasen der Herzthätigkeit ist das Herz verschieden gross (ein erschlaffter, vollständig mit Blut gefüllter Ventrikel ist viel grösser als ein contrahierter und leerer); für die verschiedene Grösse des Herzens gebraucht man die Bezeichnungen Auxocardie (*αὔξω* zunehmen, vermehren) und Meiocardie (*μείων* geringer).

Die Gefässe des Herzens; die Selbststeuerung.

Das Herz wird versorgt von den zwei Artt. coronariae, der Art. coron. dextra (sive anterior) und der Art. coron. sin. (sive posterior); beide entspringen aus den Sinus Valsalvae der Aorta (d. h. hinter den Klappen, von den Klappen bedeckt) und verästeln sich vorwiegend im Sulc. circularis (atrioventricularis) und im Sulc. longitud. (ant. und posterior) des Herzens. Jede Coronararterie giebt zunächst dem Atrium und dem Conus arteriosus ihrer Seite einen Ast.

a) Art. coronaria dextra (rechte Hälfte des Sulc. circularis; Sulc. longit. post.) verläuft im Sulc. circul. um den rechten Herzrand auf die Rückseite, dort im Sulc. circul. weiter bis zum Sulc. longit. post. und in diesem bis zur Herzspitze.

b) Art. coronaria sinistra. (Linke Hälfte des Sulc. circul. und Sulc. longit ant.) zerfällt nach ihrem Abgang aus der Aorta in 2 Aeste:

1) Verticaler Ast (R. descend) im Sulc. longit. ant. zur Herzspitze.

2) Horizontaler Ast (R. circumflexus) verläuft im Sulc. circularis um den linken Herzrand herum und auf der Rückseite im Sulc. circul. weiter.

Die Art. coronaria dextra versorgt das rechte Herz.

Die Art. coronaria sinistra versorgt das linke Herz.

Da das rechte Herz mehr nach vorn, das linke mehr nach hinten liegt, so erklären sich die Bezeichnungen der Coronarartt. als vordere und hintere.

Es besteht keine scharfe Trennung des Verästlungsgebiets beider Kranzarterien, so dass z. B. auf der hinteren Fläche des Herzens die Art. coron. dextra oft über den Sulc. longit. post. hinübergreift und noch einen Teil der hinteren Wand des linken Ventrikels speist.

Wenn das Blut in die Aorta geworfen wird, meinte Brücke, sollten die Eingangsöffnungen der Kranzarterien von den Klappen bedeckt werden, und erführen diese so systolisch keine Füllung mit Blut, was sehr zweckmässig erscheint, weil ein sich contrahierender Muskel an Volumen abnehmen muss und andrerseits eine diastolische Füllung die Erschlaffung des Muskels beschleunigt. (= Lehre von der Selbststeuerung des Herzens nach Brücke).

Dagegen wird eingewendet:

1) Bei vielen Menschen entspringen die Coronarartt. oberhalb der Klappen.

2) Der Puls der Artt. coronariae ist nicht diastolisch, sondern wie der aller andern Artt. systolisch.

3) Muskelarbeit hindert nicht die stärkere Füllung eines Muskels (siehe Muskelphysiologie).

4) Kann auch, während Blut in die Aorta geworfen wird, bereits Blut zwischen Aortenwand und Klappen treten (ähnlich wie bei den Atrioventricularklappen S. 11).

Die Vena coronaria magna (V. magna cordis) beginnt an der Vorderfläche an der Spitze des Herzens, steigt im Sulc. longit. ant. aufwärts zur Horizontalfurche, wendet sich nach links, verläuft im Sulc. circul. um den linken Herzrand herum, weiter auf der Hinterfläche bis zur hinteren Fläche des rechten Vorhofs und mündet dort in denselben, von einer Klappe, Valvula Thebesii, geschützt; kurz vor ihrer Einmündung ist sie etwas erweitert = Sinus coronarius. Die Vena coronaria magna lässt nur den rechten vorderen Quadranten des Sulc. circularis frei, das Blut dieser Region fliesst durch mehrere kleinere Venen (Vv. Thebesii) in das rechte Atrium. (Die Mündungen dieser kleinen Venen im rechten Atrium = Foramina Thebesii).

Nach Unterbdg der L. Coronararterie wird die Thätigkeit des L. Ventrikels sistirt, während das r. Herz noch weiter arbeitet u. sich im Lymkreislauf starker Druck (Oedem) entwickelt. Sclerose der Cor. art.

Weisberg Ggl: Teilg d. A. pulmonalis.
Bidder Ggl: Atrioventricular grenze.
Ludwig Ggl: Septum atriorum.

Die Nerven des Herzens.

A) Automatische Bewegungscentra.*)

Innerhalb des Herzens selbst mehrere leitende nervöse Centren, Ganglien (im Septum atriorum, an der Atrioventricular grenze), miteinander durch Leitungsbahnen verbunden und von einem (wahrscheinlich in den Vorhöfen gelegenen) Hauptcentralpunkt zur rhythmischen Thätigkeit angeregt.

B) Von aussen zutretende Nerven

sammeln sich zunächst im Plex. cardiacus (liegt zwischen Concavität des Aortenbogens und Teilungsstelle der Art. pulmonalis; die vom Plexus zum Herzen selbst gehenden Aeste verlaufen längs Aorta, Pulmonalis und den Artt. coronariae).

Die Plexus cardiacus setzt sich zusammen aus

I) Rami cardiaci des Vagus.
Diese Fasern (centrifugalleitend) haben ihren Ursprung im Gehirn (Med. oblongata) und wirken hemmend auf die Herzthätigkeit (Genaueres siehe Abschn. XV). Nur einer der Rami cardiaci des Vagus = centripetalleitend = N. depressor cordis; wird er durchschnitten und das centrale Ende gereizt, so wird (durch Uebertragung des Reizes im Gehirn auf die anderen centrifugalleitenden Fasern des Vagus) die Herzthätigkeit verlangsamt.

II) Rr. cardiaci sup, med, inf, imus aus den 3 Halsganglien und dem oberen Brustganglion des Sympathicus.
Die Fasern des Sympathicus wirken beschleunigend (accelerierend) auf die Herzthätigkeit. Diese Fasern entspringen wahrscheinlich auch in der Med. oblongata, verlaufen im Rückenmark und treten durch die Rr. communicantes der unteren Hals- und

---

*) In darauf bezüglichen Versuchen verwendet man gewöhnlich das Froschherz; man unterscheidet a) Schnitt- und Abschnürungsversuche (festes Anziehen und Wiederlockerung einer Fadenschlinge; dahin gehört der Stannius'sche Versuch) und b) direkte Herzreizungen. Das Froschherz besitzt im Hohlvenensinus den Remak'schen (Ganglien-) Haufen und an der Atrioventricular grenze den Bidder'schen Haufen.

oberen Brustnerven zum Sympathicus und durch diesen hindurch zum Plex. cardiac. Besonders ausgeprägt erscheint ein Faserzug durch das erste Brustganglion des Sympathicus zum Plex. cardiacus = N. accelerans cordis.

Die sensiblen Nerven des Herzens gehören dem Vagus an. Wenn die Herzbewegung aufhört, stehen erst die Ventrikel, später die Vorhöfe still; von den Vorhöfen wiederum ruht zuerst der linke Vorhof, dann der rechte und in ihm zuletzt das Herzohr (= Ultimum moriens).

Vergleichende Physiologie des Herzens.

Die niedrigsten Tiere haben kein Herz.
Arthropoden: einfacher rundlich ovaler Behälter.
Fische: 1 Vorkammer, 1 Kammer.
Amphibien: 2 Vorkammern, 1 Kammer.
Reptilien: 2 Vorkammern, 2 unvollkommen getrennte Kammern.
Vögel, Säugetiere: 2 Vorkammern, 2 Kammern (alle 4 Abteilungen vollständig getrennt).

Bei den Selachiern, Ganoïden (= Fische) enthält der Anfangsteil der Aorta (= Bulbus Aortae) quergestreifte Muskulatur und pulsiert (ähnlich wie das Herz selbst).

II. Atmung. (Die Lungen).

Das menschliche Atmungsorgan, die Lunge, besteht aus einem schwammigen, expansiblen (an elastischen Fasern reichen) Gewebe. Während sich die Hohlräume dieses Schwammes (die Alveolen) mit atmosphärischer Luft füllen, ist sein solider Teil mit vielen Blutgefässen durchzogen, welche das Blut vom rechten Herzen her erhalten, es in der Lunge zur Atmosphäre in Beziehung setzen und es dann dem linken Herzen zuführen. Die atmosphärische Luft gelangt nacheinander durch Mund und Nase, Rachen, Larynx, Trachea, Bronchien in die Alveolargänge (Infundibula, Ductus alveoliferi) und in die Alveolen.

Die Lunge liegt über ihr eigentliches Volumen hinaus gedehnt mit ihrer Oberfläche der Thorax-Innenfläche luftdicht, nicht befestigt an, folgt allen Erweiterungen und Verengerungen des Brustkorbes, so dass beide Pleurablätter (Pleura costalis und Pleura pulmonalis) stets einander berühren, und da sie fortwährend befeuchtet erhalten werden, bei Bewegungen lautlos an einander vorüber gleiten. Nur wenn auf irgend eine Weise Luft in die Pleurahöhle eintritt (= Pneumothorax), wird dieses Verhältnis gestört; alsdann retrahiert sich die Lunge, entsprechend ihrer Elasticität, auf das möglichst kleinste Volumen.

Damit ein Atmungsorgan functioniere, bedarf es der Ventilation, der Atembewegungen. Die Atmung zerfällt in Einatmung (= Inspiration, Inspirium; Erweiterung des Brustkorbes) und Ausatmung (= Exspiration, Exspirium; Verengerung des Brustkorbes).

Man unterscheidet

a) **Apnoë** = Zustand ohne Atmung,
beim Fötus (intrauterin).

b) **Eupnoë** = gute Atmung;
die Atmung geschieht ruhig, ohne Anstrengung, ohne besondere Störung.

c) **Dyspnoë** = Atemnot, Schweratmigkeit, Kurzatmigkeit;
die Atmung geht nur mit Anstrengung vor sich; es treten besondere Hülfsmuskeln in Thätigkeit und die Anzahl und Tiefe der Atemzüge wird gegen die Norm verändert.

d) **Orthopnoë** = höchster Grad der Dyspnoë;
(meist mit aufrechter, sitzender Haltung verbunden).

e) **Suffocation** = Erstickung = tötliche Hemmung der Atmung.

f) **Asphyxie** (*σφύζω* schlagen; eigentlich = Pulslosigkeit; doch anders angewendet) = Scheintod, d. h. wenn die Atmung bereits still steht und ausser dem Herzschlag keine Lebenszeichen mehr vorhanden sind.

Inspiration.

Während der Einatmung wird der Thorax durch Muskelthätigkeit erweitert, beim Manne mehr im unteren, beim Weibe mehr im oberen Teile, so dass ein deutlicher Unterschied beider Geschlechter hervortritt. Die bei der Inspiration mitwirkenden Muskeln sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Bei der ruhigen Inspiration des Mannes ist allein thätig:

1. Das Diaphragma.

Bei der ruhigen Inspiration des Weibes sind thätig:
Das Diaphragma.

2. Mm. scaleni.
3. Mm. intercostales extt (+ Mm. intercartilaginei).

Bei der angestrengten Inspiration beider Geschlechter sind ausser den bisher genannten Muskeln noch thätig:

4. M. cucullaris (sive M. trapezius).	Rückenmuskeln.
5. Mm. rhomboïdei.	
6. M. levator scapulae.	
7. M. serratus posticus superior.	
8. M. extensor dorsi communis (sive M. erector trunci sive M. sacrospinalis).	
9. Mm. levatores costarum.	
10. M. sternocleidomastoideus.	Halsmuskel.

11. M. pectoralis maior	Brust-muskeln.	
12. M. pectoralis minor.		
13. M. subclavius.		
14. M. serratus anticus (maior).		
15. M. sternohyoideus.	äussere	Kehlkopf-muskeln.
16. M. sternothyreoideus.		
17. M. thyreohyoideus.		
18. M. omohyoideus.		
19. M. crico-arytaenoideus posticus.	innere	
20. M. thyreoarytaenoideus internus.		
21. M. levator veli palatini.	Gaumen-muskeln.	
22. M. azygos uvulae.		
23. M. dilatator narium.	Nasen-muskeln.	
24. M. levator alae nasi.		

1. **Diaphragma, Zwerchfell, Septum transversum** als Scheidewand zwischen Brusthöhle und Bauchhöhle so eingesetzt, dass die Convexität nach oben, die Concavität nach unten sieht.

Das Zwerchfell zerfällt in einen

a) sehnigen Teil, Pars tendinea, nimmt das Centrum ein (= Centrum tendineum) und ist rings umgeben von dem radiär ausstrahlenden

b) muskulösen Teil, Pars muscularis. Dieser Teil wird nach der Ursprungsstelle der Muskelfasern zerlegt in

1) Pars vertebralis
2) Pars costalis
3) Pars sternalis.

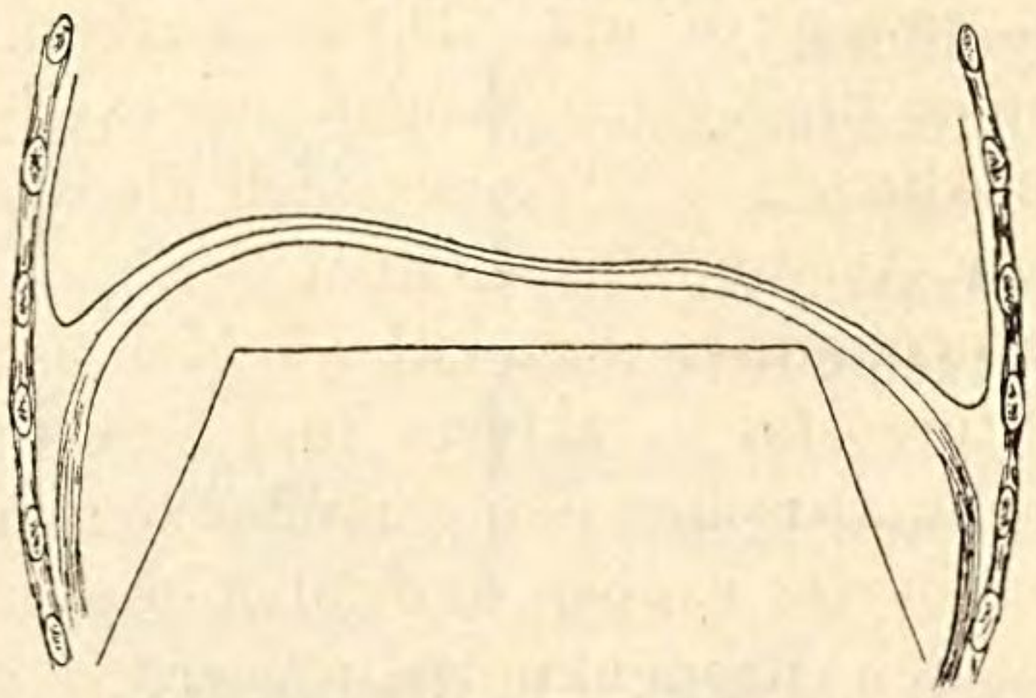
Bei der Contraction des Zwerchfells verkürzen sich natürlich nur die muskulösen, d. h. die seitlichen Partieen, während das sehnige (nicht contractile) Centrum tendineum nur parallel mit sich selbst etwas tiefer tritt. Das Zwerchfell hat in der Ruhe die Form einer asymmetrischen Kuppel, während der Contraction die eines abgestumpften Kegels. (Fig. 6.)

Der Winkel zwischen Zwerchfell und den Seitenwänden des Thorax ist im Bereich der VIII.—X. Rippe, wenn nicht geatmet wird, frei von Lunge; das Zwerchfell berührt die Thoraxwand. Während der Inspiration wird dieser Raum

(= Complementärraum, Sinus phrenicocostalis pleurae) vergrössert und von Lunge ausgefüllt.

Dadurch dass das Zwerchfell während der Contraction

Fig. 6.



tiefer tritt, übt es auf den teils festen, teils flüssigen, teils gasförmigen Inhalt der Bauchhöhle einen Druck aus, infolgedessen der vorher cylindrische Bauch eine Kugelgestalt anzunehmen bestrebt ist.*) Sobald die Wirkung des Zwerchfells nachlässt, ist der dislocierte Bauchinhalt bestrebt, zu seiner früheren Form zurückzukehren.

Indem so (beim Manne) während der Atmung eine Vorwölbung des Abdomens eintritt, benennt man die Atmung des Mannes auch als Respiratio abdominalis (= untere costale Atmung). Die das Zwerchfell versorgenden Nervenfasern entstammen dem in der Medulla oblongata gelegenen Atemcentrum, verlaufen im Rückenmark, treten durch die Rückenmarksnerven (IV. Halsnerv) in den Plexus cervicalis über und gelangen im N. phrenicus (= Ast des Plexus cervicalis) zum Zwerchfell.

(Contraction des Zwerchfells = Inspirationsstellung;
Erschlaffung „ „ = Exspirationsstellung.)

Für die folgenden Muskeln gilt der Satz:

Jeder Muskel, welcher die Rippen hebt, erweitert den Thorax (siehe Seite 33).

2. **Mm. scaleni (ant., med., post.).**

Ursprung: Querfortsätze der Halswirbel.

Ansatz: I. und II. Rippe.

---

*) Von allen Körpern mit gleichem Volumen hat die Kugel die kleinste Oberfläche.

Nerv: Rr. musculares des Plex. cervicalis und Plex. bracchialis.

Die Mm. scaleni heben die beiden oberen Rippen und (da mit diesen die übrigen Rippen zusammenhängen) den ganzen Brustkorb und erweitern ihn. Diese Muskeln sind vorzugsweise beim Weibe thätig (= Wogen des weiblichen Busens), daher wird die Atmung des Weibes auch als Respiratio costalis (= obere costale Atmung) bezeichnet.

3. **Mm. intercostales externi** (+ Mm. intercartilaginei).

Die Mm. intercostales, externi und interni, verlaufen als dünne Muskellagen zwischen den einander zugekehrten Rändern je zweier benachbarter Rippen und füllen die Intercostalräume aus. Zwischen den Rippenknorpeln werden die Mm. intercostales extt. durch das Lig. coruscans ersetzt, während sich die Mm. intercostales intt. einfach als Mm. intercartilaginei fortsetzen. Die Mm. intercostales extt. verbinden zwei benachbarte Rippen immer so, dass der obere Insertionspunkt der Wirbelsäule näher liegt als der untere.

Jede Rippe empfängt also 2 Mm. intercostales extt., einen von der nächst oberen und einen von der nächst unteren Rippe; der von oben her ansetzende M. intercostal. ext. inseriert in grösserer Entfernung von der Wirbelsäule als der von unten kommende. Wirken nun beide gleichzeitig mit gleicher Kraft, so überwiegt die am längeren Hebelarm angreifende Kraft (d. h. der von oben kommende M. intercostalis ext.) und die Rippe wird nach oben gezogen.

So werden also durch Mm. intercostalis extt. die Rippen nach oben gezogen, der Thorax erweitert (= Inspiration).

Umgekehrt (d. h. als Exspiratoren) wirken die Mm. intercostales intt., deren Verlauf dem der Mm. intercostales extt. entgegengesetzt ist.

Die zwischen den Rippenknorpeln befestigten Mm. intercartilaginei (in ihrem Verlauf = Mm. intercostales intt.) wirken aber nicht entsprechend den Mm. intercostales intt., sondern da sie zwischen den Rippenknorpeln ausgespannt sind, müssen sie bei Betrachtung ihrer Wirkung an vom Sternum (nicht von der Wirbelsäule) ausgehenden Hebeln wirkend gedacht werden (sie wirken daher = Mm. intercostales extt).

Die Mm. intercostales werden versorgt von den Nn intercostales (= vordere Äste der Brustnerven).

4. **M. cucullaris** (trapezius).
   Ursprung: Dornfortsätze der Hals- und Brustwirbel.
   Ansatz: Schlüsselbein, Schulterblatt.
   Nerv: N. accessorius (= XI. Hirnnerv).

M. cucullaris hebt Clavicula und Scapula und dadurch die Rippen empor.

5. **Mm. rhomboidei** (maior, minor).
   Ursprung: Dornfortsätze der Halswirbel und der oberen Brustwirbel.
   Ansatz: Medialer Rand des Schulterblattes.
   Nerv: N. dorsalis scapulae (Plex. bracchialis).

Die Mm. rhomboidei heben die Scapula.

6. **M. levator scapulae.**
   Ursprung: Querfortsätze der vier oberen Halswirbel.
   Ansatz: Medialer oberer Winkel der Scapula.
   Nerv: Rr. musculares des Plex. cervicalis.

M. levator scapulae hebt die Scapula und entlastet den Thorax vom Drucke derselben.

7. **M. serratus posticus sup.**
   Ursprung: Dornfortsätze der unteren Hals- und oberen Brustwirbel.
   Ansatz: Hintere Fläche der II.—V. Rippe.
   Nerv: Nn. intercostales.

M. serrat. postic. sup. hebt die oberen Rippen.

8. **M. extensor dorsi communis** (M. erector trunci, M. sacrospinalis).
   Ursprung: Kreuzbein, Dornfortsätze der Lendenwirbel.
   Ansatz: Querfortsätze der Brust- und der Halswirbel.
   Nerv: Nn. intercostales.

Dieser Muskel streckt die gebogene Wirbelsäule.

Da der Brustteil der Wirbelsäule nach hinten gebogen ist, so wird durch eine Streckung dieses Abschnittes eine Hebung besonders der oberen Rippen bewirkt.

9. **Mm. levatores costarum.**
   Ursprung: Tuberositäten der Wirbel.

Ansatz: oberer Rand und hintere Fläche der nächsten unteren Rippen.

(Lateralwärts von den Mm. levatores costarum beginnen die Mm. intercostales.)

Wirkung: Hebung der Rippen.

10. **M. sterno cleidomastoideus.**

Ursprung: Sternum (= Portio sternalis) und Clavicula (= Portio clavicularis.)

Ansatz: Proc. mastoides.

Nerv: N. accessorius (= XI. Hirnnerv).

Da Ursprungspunkt und Ansatzpunkt dieses Muskels beweglich sind, so kann der Muskel nur zur Wirkung kommen, wenn einer der beiden Endpunkte fixiert wird. Bei fixiertem Kopf hebt der Muskel Sternum und Clavicula und dadurch die Rippen.

(Bei fixiertem Sternum und Clavicula bewegt der Muskel den Kopf).

11. **M. pectoralis maior.**

Ursprung: Sternalende der Clavicula, Sternum, 6 obere Rippenknorpel.

Ansatz: Spina tuberculi maioris.

Nerv: Plex. bracchialis.

Wirkung: Hebt bei fixiertem Arm die Rippen.

12. **M. pectoralis minor.**

Ursprung: 2.—5. Rippe.

Ansatz: Proc. coracoïdeus.

Nerv: Plex. bracchialis.

Wirkt bei fixiertem Proc. coracoïdeus (d. h. bei aufgestütztem Arm) als Heber der Rippen.

13. **M. subclavius.**

Ursprung: I. Rippe (mediales Ende).

Ansatz: Clavicula (laterales Ende)

Nerv: N. subclavius (Plex. bracchialis).

Wirkung: Hebt bei fixierter Clavicula die I. Rippe.

14. **M. serratus anticus maior.**

Ursprung: 2.—9. Rippe.

Ansatz: Basis scapulae.

Nerv: N. thoracicus longus (Plex. bracchialis).

Der Muskel hat beweglichen Ursprungspunkt und Ansatzpunkt, wirkt nur dann, wenn einer von beiden feststeht; er erweitert also bei fixierter Scapula den Thorax.

Bei der Atmung sind ausser der Lunge auch beteiligt Bronchien, Trachea, Kehlkopf, Mund und Nase. In allen diesen Teilen wird die eingeatmete Luft erwärmt*), angefeuchtet und möglichst von fremden Beimengungen**) gereinigt, welche an dem schleimigen Ueberzug der Wandungen hängen bleiben. (Sobald sich eine gewisse Menge angesammelt hat, wird ausgehustet, expectoriert, ex-pectus. Das, was ausgeworfen wird = Auswurf, Sputum; spuere spucken).

Bei ruhiger Atmung (Eupnoë) ist der Mund geschlossen, die Luft streicht durch die Nase (dort Geruchsorgan, nimmt schädliche riechende Substanzen wahr) und den Pharynx zum Kehlkopf. Bei angestrengter Atmung werden die Nasenlöcher stark erweitert, der Mund geöffnet und der Gaumen stark

---

*) Z. B. bei einer Aussentemperatur von ca. 10° C. wird die Luft beim Durchstreichen durch die Nase auf 30° C. gebracht.

**) Solche sind:

Staub (= kleinste Partikelchen organ. und anorg. Ursprungs) z. B. Kalk, Eisen, Sand (= Kieselsäure).

Kohle. Während des Lebens gelangt stets soviel davon in die Lunge, dass bei älteren Leuten die Lungen und die Bronchialdrüsen schwärzlich gefärbt sind, indem die eingeatmete Kohle (entsprechend den Lymphgeff.) in den interlobulären Septa und schliesslich auch in den dazu gehörigen Lymphdrüsen abgelagert wird.

Bakterien = Spaltpilze = Schizomycetes; nur mikroskopisch wahrnehmbare einzellige pflanzliche Lebewesen von verschiedener Gestalt.

1) Coccen (coccus = Kugel, Beere): kuglig oder oval.
2) Bacillen (Bacillus = Stab): stäbchenförmig. Wenn sehr lang = Leptothrix (λεπτός zart, θρίξ Haar).
3) Spirillum = Spiro (Spira = Windung): schraubenförmig.

Zur Fortpflanzung sehr kleine kuglige oder ovale, stark lichtbrechende Gebilde, Sporen (Spore = Keimkorn; σπορά Saat), die vom mütterlichen Organismus produciert, sich aus demselben herauslösen und später zur mütterlichen Form auswachsen.

Man unterscheidet:

α) Aëroben = Bakterien, welchen der Sauerstoff durchaus zum Leben nötig ist,

β) Anaëroben üben ihre sämtlichen Funktionen bei Sauerstoffabschluss aus, können bei Anwesenheit von Sauerstoff nicht mehr fortleben.

emporgehoben, so dass der nun auch durch den Mund eintretenden Luft ein möglichst freier Weg geschaffen wird. Bei höchster Atemnot (Orthopnoë) wird sogar die Mundhöhle durch Senkung des Unterkiefers stark erweitert (= Luftschnappen).

Während ruhiger Atmung streicht die Luft durch die etwas geöffnete Stimmritze (siehe Abschn. XII) hindurch, bei angestrengter Atmung weichen die Stimmbänder sehr weit auseinander und der Kehlkopf tritt tiefer.

Diese Bewegungen der Nase, des Mundes, des Kehlkopfes bei angestrengter Atmung bezeichnet man als praeinspiratorische Bewegungen oder auch als concomitierende Atembewegungen (comitari = begleiten).

15. **M. sternohyoideus.**
Ursprung: Sternum.
Ansatz: Körper des Zungenbeins.
Nerv: R. descendens N. hypoglossi (N. Hypoglossus = XII. Hirnnerv).
Wirkung: Zieht das Zungenbein herab.

16. **M. sternothyreoideus.**
Ursprung: Sternum.
Ansatz: Linea obliqua der Cart. thyreoidea.
Nerv: R. descendens N. hypoglossi.
Wirkung: Zieht den Kehlkopf herab.

17. **M. thyreohyoideus.**
Ursprung: Linea obliqua der Cart. thyreoidea (= Insertionsstelle des M. sternothyreoideus).
Ansatz: Körper und grosses Horn des Zungenbeins.
Nerv: R. descendens N. hypoglossi.
Wirkung: Beide Endpunkte des Muskels sind beweglich, eine Wirkung kann nur eintreten, wenn ein Endpunkt fixiert ist. So zieht der Muskel bei fixiertem Kehlkopf das Zungenbein herab.

18. **M. omohyoideus.**
Ursprung: Oberer Rand der Scapula.
Ansatz: Basis des Zungenbeins.
Nerv: R. descendens N. hypoglossi.
Wirkung: Zieht das Zungenbein nach unten.

19. **M. cricoaryt. postic.**
20. **M. thyreoaryt. int.** } siehe Abschnitt XII.

Beide (19, 20) sind Muskeln im Innern des Kehlkopfes, erweitern die Glottis und werden versorgt vom N. laryngens inf. N. vagi (Vagus = X. Hirnnerv).

Ueber den sogen. Vagustod siehe Abschnitt XV.

21. **M. levator veli palatini** (= M. petrosalpingostaphylinus)

Ursprung: Felsenbein, knorpeliger Teil der Tuba Eustachii.

Ansatz: weicher Gaumen.

Nerv: N. facialis.

Wirkung: Hebt den weichen Gaumen und die Uvula.

22. **M. azygos uvulae** (= M. palatostaphylinus).

Ursprung: Spina nasal. post.

Ansatz: Uvula.

Nerv: N. facialis.

Wirkung: Hebt die Uvula.

23. **M. dilatator narium.**

Ursprung: Nasenflügelknorpel, Seitenrand der Apertura piriformis.

Ansatz: Haut des Nasenflügels.

Nerv: N. facialis.

Wirkung: Hebt und erweitert die Nasenflügel.

24. **M. levator alae nasi.**

Ursprung: Stirnfortsatz des Oberkiefers.

Ansatz: Haut des Nasenflügels.

Nerv: N. facialis.

Wirkung: Hebt den Nasenflügel.

Während der Inspiration wird der Brustkorb aus seiner Ruhelage emporgehoben, die Rippen werden aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht, die Bänder zwischen Wirbelsäule und Rippen werden stärker angespannt.

Fig. 7.

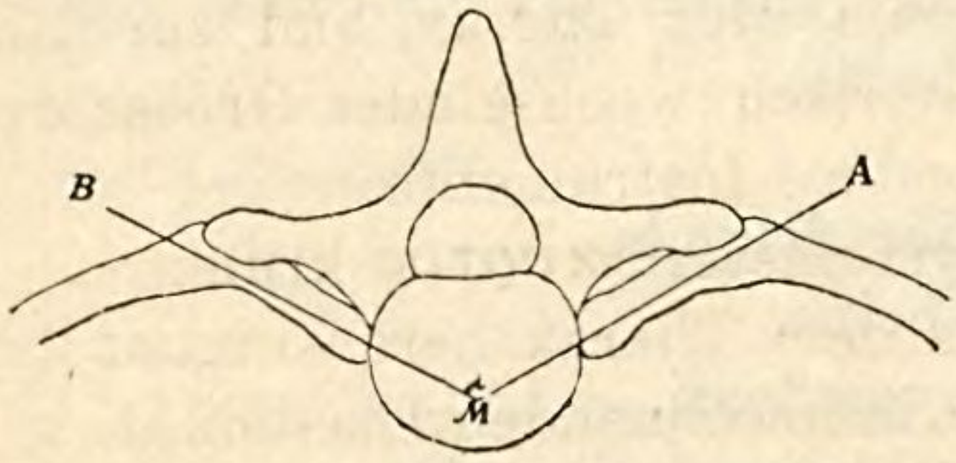
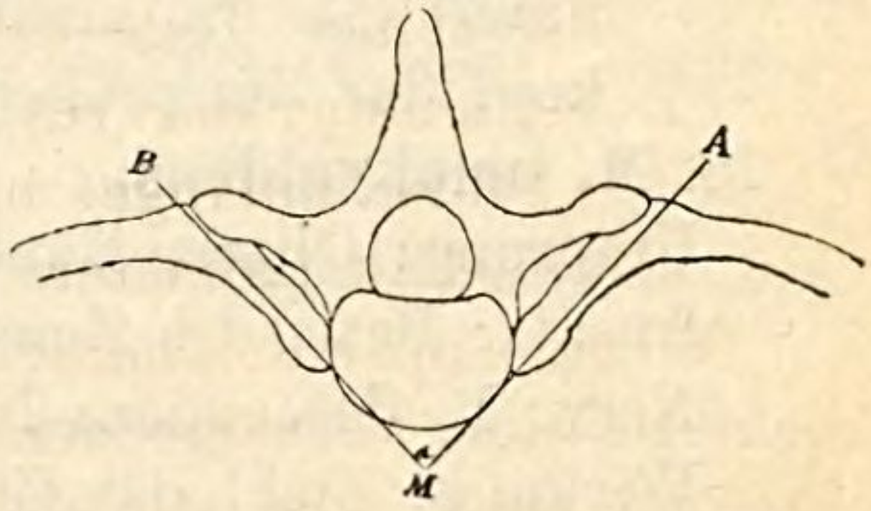


Fig. 8.



Verbindet man Capitulum und Tuberculum einer Rippe, so erhält man die Rippenaxe. Verlängert man die Axen je zweier zu einander gehöriger Rippen beider Seiten, so schneiden sie sich vor der Wirbelsäule in der Mittellinie und bilden einen Winkel mit einander, der bei den oberen Rippen grösser (stumpf, ca. 125°), bei den unteren kleiner (spitz, ca. 88°) ist. Daher drehen sich die oberen Rippen um eine mehr frontale, die unteren um eine mehr sagittale Axe. (Figg. 7, 8).

Legt man die Hand unterhalb der Clavicula auf den Thorax, so wird sie nach vorn und oben gehoben; legt man sie auf die unteren Rippen, so wird sie nach aussen und oben bewegt.

Jede Rippe hat 3 Krümmungen:

1) Keine Rippe ist eine grade Linie; jede Rippe ist in der Fläche gekrümmt, sie bildet annähernd ein Kreissegment.

2) Das vordere und das hintere Ende jeder Rippe liegen nicht in einer Ebene; das hintere Ende steht höher als das vordere.

3) Jede Rippe ist um ihre eigene Axe gedreht (ähnlich Schraube).

I.—VII. Rippe = wahre Rippen, erreichen mit ihren Knorpeln das Brustbein.

VIII.—XII. Rippe = falsche Rippen; der Rippenknorpel legt sich an den Knorpel der vorhergehenden Rippe an oder endet frei (= schwankende Rippe, XI, XII).

Die Länge der Rippen nimmt von der I. bis zur VIII. zu, die Kreissegmente werden grösser; werden also die Rippen gehoben, so tritt an Stelle der vorhergehenden kürzeren Rippe die folgende längere, an die Stelle eines kleinen Kreises ein grösserer. Die Folge davon ist eine Erweiterung des Thorax. Daher erweitern alle die Rippen hebenden Muskeln den Thorax.

Stethographie: Zur Messung der Grösse der Erhebung einzelner Teile (Sternum) des Thorax und zur Bestimmung der (respiratorisch) wechselnden Grösse des Thoraxumfanges besondere Instrumente:

Thorakometer. Cyrtometer (*κυρτός* krumm).

Wenn man eine Lunge aus dem Thorax herausnimmt, so zieht sie sich, vermöge der ihr innewohnenden Elasticität, auf das möglichst kleinste Volumen zusammen (= Retraction).

Bei Ruhestellung des Brustkorbes bestrebt sich die Lunge sich zusammenzuziehen
mit einem Druck von 7,5 mm Quecksilber und 10 gr pro 1 qdctm
(= Maass der Lungenelasticität)
nach gewöhnlicher Einatmung: 9 mm Quecksilber
nach möglichst tiefer Einatmung: 30—40 mm Quecksilber.

Während der Brustkorb sich erweitert, ist die Lunge gezwungen, dieser Erweiterung zu folgen; sie rückt in die Complementärräume ein. Die Lunge verhält sich also während der Inspiration rein passiv, sie wird gedehnt. Sobald die Thätigkeit der Inspirationsmuskeln aufhört, fängt die Lunge wieder an, sich zusammenzuziehen.

In ihrer Dauer oder Intensität veränderte oder auch mehrfach unterbrochene Inspirationen bilden das Wesen der bekannten Erscheinungen des Schnüffelns, Gähnens, Schlürfens. Solche zu besonderen Zwecken ausgebildete Inspirationsbewegungen nennt man modificierte Inspirationsbewegungen.

Exspiration.

Während der jeder Exspiration voraufgehenden Inspiration werden elastische Kräfte (Lungen, Thorax, Bauch) aufgespeichert, die sofort mit Erschlaffung der Inspirationsmuskeln in Thätigkeit treten. Die normale ruhige Exspiration geschieht ohne jede Muskelaction. Der dislocierte Bauchinhalt kehrt in seine frühere Lage zurück, der aus der Gleichgewichtslage gebrachte Thorax sinkt wieder herab, die Lungen ziehen sich zusammen (verhalten sich also während der Exspiration activ).

Bei angestrengter Exspiration treten zur Unterstützung dieser elastischen Kräfte noch Muskeln in Thätigkeit, einerseits solche, welche den Bauchinhalt in seine frühere Lage zurückschieben, andererseits solche, welche die Rippen nach unten ziehen.

Diese Muskeln sind:

1. M. rectus abdominis.
2. M. obliquus abdom. ext.
3. M. obliquus abdom. int.
4. M. transversus abdominis

} Bauchmuskeln.

5. M. quadratus lumborum
6. Mm. intercostales interni
7. M. triangularis sterni
8. M. serratus postic. inf.

} Herabzieher der Rippen.

1. **M. rectus abdominis.**
   Ursprung: V.—VII. Rippe, Proc. xiphoides des Sternum.
   Ansatz: Symphyse.
   Nerv: Nn. intercostales.
   Wirkung: Drückt den dislocierten Bauchinhalt in seine frühere Lage zurück und wirkt auch beim Herabziehen der Rippen mit.
2. **M. obliquus abdom. ext.**
   Ursprung: Die 7 untersten Rippen.
   Ansatz: Scheide des M. rectus abdomin., Lig. Poupartii, Darmbeinkamm.
   Nerv: Nn. intercostales.
   Wirkung: siehe M. rect. abdominis.
3. **M. obliquus abdomin. int.**
   Ursprung: Darmbeinkamm, Poupartsches Band.
   Ansatz: Die 3 letzten Rippen, Scheide des M. rect. abdom.
   Nerv: Nn. intercostales.
   Wirkung: siehe M. rectus abdominis.
4. **M. transversus abdominis.**
   Ursprung: Die 6 unteren Rippen, Darmbeinkamm, Poupartsches Band.
   Ansatz: Scheide des M. rectus abdominis.
   Nerv: Nn. intercostales.
   Wirkung: siehe M. rectus abdominis.
5. **M. quadratus lumborum.**
   Ursprung: Darmbeinkamm.
   Ansatz: XII. Rippe.
   Nerv: Nn. intercostales.
   Wirkung: Zieht die letzte Rippe und dadurch auch die übrigen Rippen herab.
6. **M. intercostales interni**

siehe Mm. intercostales externi (Inspirationsmuskeln Nr. 3).

7. **M. triangularis sterni.**
   Ursprung: unterer Teil des Sternum (Innenfläche).

Ansatz: III.—VI. Rippe.
Nerv: Nn. intercostales.
Wirkung: Zieht die Rippen herab.

8. **M. serratus posticus inf.**
Ursprung: Unterste Brust- und obere Lendenwirbel.
Ansatz: IX.—XII. Rippe.
Nerv: Nn. dorsales.
Wirkung: Zieht die Rippen herab.

Modificierte Exspirationsbewegungen sind: Husten, Niesen, Räuspern etc.

Rhythmus der Atembewegungen. Atemcentrum.

Pneumatographie = graphische Darstellung der Atembewegungen.

Eine bestimmte Stelle des Thorax zeichnet ihre Bewegungen während der Atmung auf. Die so gewonnene Curve = Atmungscurve = Pneumatogramm.

Die Atembewegungen gehen im Normalzustand mit vollkommenster Regelmässigkeit, gleichbleibender Dauer der einzelnen Stadien vor sich = Rhythmus der Atembewegungen. Es folgen nach einander:

1) Inspiration (Einatmung).
2) Exspiration (Ausatmung).
3) Pause (Ruhezeit) = Verharren der Brust in Ausatmungsstellung bis zum Beginn der nächsten Einatmung.

1) + 2) + 3) = **1** Atemzug.

Die Pause nimmt etwa $^1/_5$ des ganzen Atemzuges ein, ist gewöhnlich nicht sehr ausgeprägt, unrein, zum Teil noch von einer leichten Ausatmungsbewegung, zum Teil von der schon langsam beginnenden Einatmung eingenommen. Die Inspiration (I) ist etwas kürzer als die Exspiration (E). I : E = 6 : 7.

Zahl der Atemzüge in 1 Minute (= Atemfrequenz):

Kind: 30—45.
Erwachsener: 12—24.*)

---

*) Die Zahl der Atemzüge (in 1 Minute) wechselt während des Tages (hat eine tägliche Periode), und ist am grössten nach der Hauptmahlzeit.

(Auf 1 Atemzug kommen im Mittel 4 Pulsschläge). Nimmt man im Mittel 18 Atemzüge (in 1 Minute) an, so dauert

1 Atemzug $^1/_{18}$ Minute = ca. 3 Sekunden
davon entfällt auf die Pause: ca. 0,6 „
Inspiration: ca. 1,1 „
Exspiration: ca. 1,3 „

Die Atembewegungen sind teils willkürlich,*) teils unwillkürlich.

Das Atemcentrum (d. h. der Ort, von dem aus die Atembewegungen durch Nerven reguliert werden) liegt in der Medulla oblongata, im Boden des IV. Ventrikels und ist paarig, doppelseitig. Zerstörung dieses Atemcentrums bewirkt sofortiges Aufhören der Atembewegungen und augenblicklichen Tod, deshalb wurde es von Fleurens Noeud vital, Lebensknoten genannt.

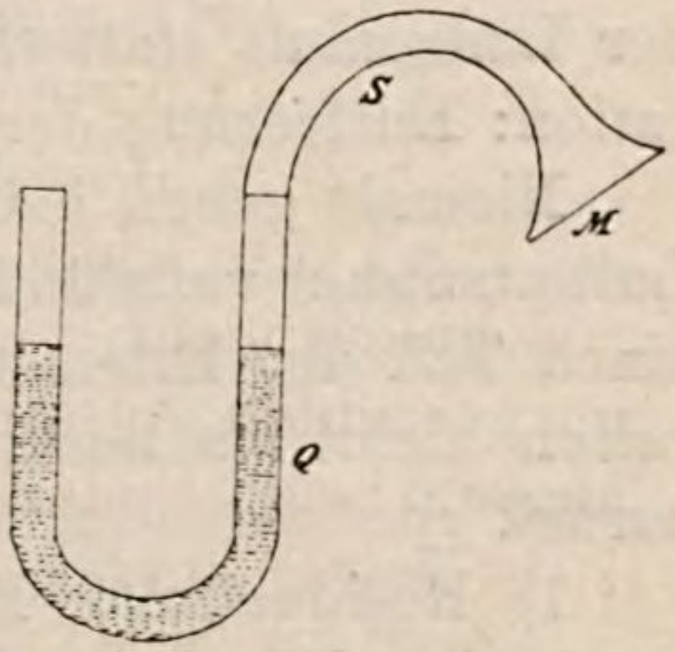
Von dem Centrum verlaufen die Nervenfasern durch die Med. oblongat, Rückenmark, teils durch III. und IV. Cervicalnerv, Plex. cervicalis, N. phrenicus zum Zwerchfell, teils durch die Brustnerven zu den übrigen Atmungsmuskeln.

Druckverhältnisse.

Zur Messung des Druckes eingeschlossener Gase bedient man sich der Manometer (= Dichtigkeitsmesser).

Man bringt mittelst einer luftdicht schliessenden Maske (*M* Fig. 9) und eines damit verbundenen Schlauches (*S*) die Atmungsöffnungen (Mund, Nase) in Verbindung mit dem einen Schenkel eines (offenen, U-förmigen) Quecksilbermanometers = Pneumatometer; vor dem Versuch steht das Quecksilber (*Q*) in beiden Schenkeln gleich hoch, durch die Atembewegungen wird

Fig. 9 (Pneumatometer).



*) Willkürlich = dem Willen unterworfen. Man kann die einzelnen Phasen der Atembewegung bis zu einem gewissen Grade beliebig verlängern oder verkürzen. Aber auch ohne den Willen (= unwillkürlich), wenn die Aufmerksamkeit davon abgelenkt ist oder im Schlafe, gehen die Atembewegungen gleichmässig vor sich.

es aus seiner Gleichgewichtslage gebracht und zeigt durch den Höhenunterschied beider Schenkel die Grösse des Druckes an; auf dem offenen nicht mit den Respirationsorganen verbundenen Schenkel ruht der Atmosphärendruck (= 760 mm Quecksilber).

Während der Inspiration wird innerhalb des erweiterten Thorax eine Luftverdünnung erzeugt = negativer Druck, d. h. der Druck innerhalb des Thorax ist geringer als der Atmosphärendruck, deshalb dringt Luft von ausserhalb in die Lungen ein. Bei der ruhigen Inspiration ist der Druck innerhalb des Thorax = — 1 mm Hg (d. h. 1 mm geringer als der Atmosphärendruck), bei forcierter Inspiration = — 57 mm Hg (36 bis 74 mm).

Während der Exspiration verengert sich der Thorax, die Luft wird wieder ausgetrieben. Bei der ruhigen Exspiration ist der Druck innerhalb des Thorax = + 2—3 mm Hg (d. h. 2—3 mm grösser als der Atmosphärendruck), bei forcierter Exspiration = + 87 mm Hg (82—100 mm Hg).

Vergleicht man die absoluten Zahlen, so ist im Allgemeinen der (positive) Exspirationsdruck grösser als der (negative) Inspirationsdruck.

Atmungsgrösse.

Luftleer sind die Lungen beim Foetus. Während der Atmung findet fortwährend eine Ventilation d. h. ein Wechsel der Lungenluft statt (Inspiration: Füllung der Lungen, Exspiration: Entleerung der Lungen).

Niemals geben jedoch die Lungen das in ihnen enthaltene Luftquantum vollständig ab, sondern unterwerfen stets nur einen Teil der Erneuerung. Auch nach vollständigster Expiration bleibt ein bestimmtes Luftvolumen noch in den Lungen zurück =

1) Residualluft, Rückständige Luft. Dieselbe beträgt (nach dem Pneumonometer bestimmt) 900—1000 cbctm.

Ausser der Residualluft unterscheidet man:

2) Respirationsluft, Atmungsluft wird bei ruhiger Atmung eingenommen und ausgegeben = 500 cbctm.

3) Reserveluft, Ergänzungsluft kann nach ruhiger voll-

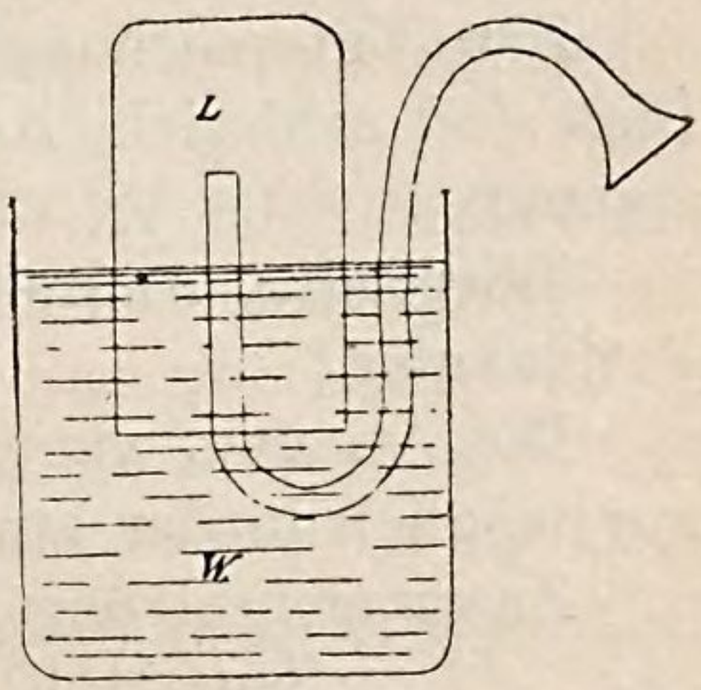
ständiger Exspiration noch nachträglich durch forcierte Exspiration ausgetrieben werden, = 1200—1800 cbctm.

4) Complementärluft, Hülfsluft, kann auf der Höhe einer ruhigen Inspiration noch durch eine unmittelbar angeschlossene forcierte Inspiration aufgenommen werden, = 1700 cbctm.

Vitale Capacität = Atmungsgrösse = 2) + 3) + 4) = dasjenige Luftvolumen, welches nach tiefster Inspiration durch forcierte Exspiration aus den Lungen entweicht = grösstmöglichste Menge von Ausatmungsluft = 3000—4000 cbctm.

Die Atmungsgrösse wird bestimmt mittelst des Spirometers, in welchem die ausgeatmete Luft (*L*) unter Wasser (*W*) in einem Cylinder aufgefangen wird.

Fig. 10 Spirometer).



Die Atmungsgrösse ist grossen Schwankungen unterworfen und hängt ab von Körperlänge, Alter, Beruf.

Der Luftraum von der Nasenöffnung bis zum Uebergang der Bronchien in die Alveolen = ca. 100 cbctm.

Nach einer ruhigen Einatmung sind in der Lunge enthalten 1) + 2) + 3) = 3300 cbctm.

Nach einer ruhigen Ausatmung 1) + 3) = 2800 cbctm.

Mit einem ruhigen Atemzug werden 500 cbctm = $^1/_6$—$^1/_7$ der ganzen Lungenluft, ventiliert.

Nach 6—7 Atemzügen (= ca. 28—30 Sekunden = $^1/_2$ Minute) hat also ein einmaliger vollständiger Wechsel stattgefunden.

Akustische Phänomene.

Percussion (percutio beklopfen), um aus dem erhaltenen Schall auf die Beschaffenheit der darunter liegenden Teile zu schliessen. Dazu dient ein Hammer, Percussionshammer und eine kleine Platte (Plessimeter, πλήσσω schlagen) zur Uebertragung der Schallerschütterung.

Percussion des Oberschenkels, der Leber = gedämpfter, leerer Schall.

„ „ Magens, Darms = klanghaltiger, tympanitischer Schall.

„ der Lunge = Lungenschall.

absolute Feuchtigkeit = die Menge Wasserdampf, welche ein Volumen Luft in Dampfform enthält

relative Feuchtigkeit = die Menge Wasserdampf, welch ein Volumen Luft V x d % C Temperatur enthält.

70 %

Auscultatio = Horchen (ausculto: anhören), dazu das Höhrrohr, Stethoskop.

Wenn die Luft in den Bronchien hin- und herstreicht, entsteht ein tönendes, hauchendes, klingendes Geräusch = tönendes Atmen, Röhrenatmen, Bronchialatmen.

Wenn die Luft in die Alveolen eindringt, wird ein weiches, schlürfendes Geräusch erzeugt, da das Lungengewebe gespannt und in Schwingungen versetzt wird = Vesiculäratmen.

Chemie der Atmungsluft (siehe auch Blutgase).

Zur Untersuchung der eingeatmeten und ausgeatmeten Luft sind zahlreiche Apparate construirt worden (Respirationsapparate).

[Vierordt. Andral und Gavaret. Regnault und Reiset. Pettenkofer.]

Die Atmung, unmöglich im luftleeren Raum, ist dauernd nur möglich in der atmosphärischen Luft.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft:

Sauerstoff ca. 20% (d. h. etwa $^1/_5$).*)
Stickstoff 78—79% (d. h. etwa $^4/_5$).
Kohlensäure 0,04%.
Wasser ca. 1,4%.

Der Druck der atmosphärischen Luft beträgt:

760 mm Hg (= 10 m Wasser) auf 1 qctm.
760 mm Hg = 1,03 kg.

Auf der gesammten Körperoberfläche 18 000 kg.

Nur das durch die atmosphärische Luft gegebene Gasgemisch ist zur Atmung geeignet. Versucht man in anderen Gasen zu atmen, so gelingt es teils nur kurze Zeit (z. B. Kohlenoxyd, Kohlensäure), indem alsbald Vergiftungserscheinungen auftreten (= schädliche, einatembare Gase), teils überhaupt nicht (Chlor, Ammoniak), indem der Eintritt dieser Gase in den Respirationstractus Stimmritzenkrampf (= Verschluss der Stimmritze) erzeugt (= schädliche, nicht einatembare Gase).

Durch die Untersuchung der Atmungsluft hat sich Folgendes ergeben.

*) Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft wird mittelst des Eudiometers bestimmt.

Kohlenstoff verbrennt mit 1 Vol. O zu 1 Vol CO_2

A. Sauerstoff, Kohlensäure.

	Einatmungsluft	Ausatmungsluft	Differenz
Kohlensäure	0,04 %	4,4 %	4,36
Sauerstoff	20,8 %	16,03 %	4,77
Stickstoff	ca. 79 %	ca. 79 %	0.

In 24 Stunden 744 gr Sauerstoff = 516500 cbctm aufgenommen, 900 gr Kohlensäure = 455500 cbctm ausgeschieden.

Die Einatmungsluft ist also reicher an Sauerstoff, ärmer an Kohlensäure, die Ausatmungsluft ärmer an Sauerstoff, reicher an Kohlensäure. Folglich wird der Kohlenstoff der Gewebe mittelst des eingeführten Sauerstoffs zu Kohlensäure verbrannt; der Sauerstoff der atmosphärischen Luft ist also direkt zum Leben erforderlich (Atmung = Oxydationsprocess, Verbrennungsprocess).

$$\underset{}{C} + \underset{2\,\text{Vol.}}{2O} = \underset{2\,\text{Vol.}}{CO_2}$$

Aus vorstehender Gleichung ergiebt sich, dass, wenn man Kohlenstoff mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbrennt, das Volumen der letzteren dem Volumen des vorher anwesenden Sauerstoffs gleich ist. Beim Menschen ist jedoch das Volumen der Ausatmungsluft (um $^1/_{40}$—$^1/_{50}$) kleiner als das der Einatmungsluft; es wird, wie sich gezeigt hat, weniger Kohlensäure ausgeschieden, als dem eingeführten Sauerstoff entspricht. Es wird also ein Teil des Sauerstoffs im Körper zu anderen Zwecken verwendet.

Da die Ausatmungsluft bedeutend wärmer als die Einatmungsluft ist (Temperatur der Einatmungsluft 8—20° C., der Ausatmungsluft 36—37° C.), so wird dadurch wiederum eine Vergrösserung des Volumens der Ausatmungsluft herbeigeführt, so dass mitunter sogar das Volumen der Exspirationsluft um $^1/_9$ grösser als das der Inspirationsluft erscheint.

Nach der Tabelle wird

4,36 CO_2 ausgeschieden,
4,77 O aufgenommen,

$$\frac{CO_2}{O} = \frac{4{,}36}{4{,}77} = 0{,}9 = \text{respiratorischer Quotient.}$$

2 l Wasser der Harn, 1/2 l der Lunge, 1 1/2 l der Haut

Da durch die Atmung der in einem Raum vorhandene Sauerstoff allmählich verbraucht wird, so bedarf es der Vorkehrungen der Ventilation (ventilare lüften) behufs Erneuerung der Luft.

B. Stickstoff.

Der Stickstoffgehalt beider Luftarten ist gleich. Der Stickstoff ist weder für die Atmung erforderlich, noch irgendwie schädlich (= indifferentes Gas), er kann ohne Nachteil für das Leben durch Wasserstoff ersetzt werden.

In der Ausatmungsluft finden sich Spuren von Ammoniak (in 24 Stunden 0,02 gr).

C. Wasser.

Die Ausatmungsluft ist mit Wasserdämpfen gesättigt; in 24 Stunden werden 540 gr Wasser durch die Lungen ausgeschieden.

Sättigungsgrade der Luft für Wasser:

Luft von	enthält in 1 cubikmeter
+ 37° C.	42,2 gr Wasser,
+ 30° „	30,1 „ „
+ 25° „	22,9 „ „
+ 20° „	17,2 „ „
+ 15° „	12,8 „ „
+ 10° „	9,4 „ „
+ 5° „	6,8 „ „
0° „	4,9 „ „
— 5° „	3,4 „ „
— 10° C.	2,3 „ „
— 15° „	1,6 „ „
— 20° „	1,1 „ „

Je trockener die eingeatmete Luft ist, desto mehr Wasser wird dem Körper entzogen.

Wenn man die im Respirationstractus enthaltene Luft von aussen her schichtweise bis in die Alveolen hinein untersucht, so erweist sich der Uebergang als ein allmählicher; je weiter man hinabsteigt, desto ärmer an Sauerstoff, desto reicher an Kohlensäure ist die Luft. Daher gehen fortwährend Diffusionsvorgänge im Atmungsrohr vor sich.

In den Alveolen findet ein Gasaustausch zwischen der atmosphärischen Luft und dem Blute der Lungencapillaren statt. Dieser Gasaustausch (siehe Blutgase) erfolgt durch 3 Schichten hindurch,

von der atmosphärischen Luft durch

1. Alveolarepithei,
2. Alveolarwand,
3. Capillarwand

zum Blut und umgekehrt.

Die Grösse des respiratorischen Gaswechsels (Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe) hängt ab vom

1. Alter (Wachstum, Arbeit).
   Im Alter wird die Kohlensäureabgabe (und Sauerstoffaufnahme) geringer.
2. Geschlecht.
   Bei Männern ist die Kohlensäureausscheidung bedeutender als bei Frauen.
3. Nahrung.
   Während des Fastens wird der respiratorische Gaswechsel vermindert, während und nach einer Nahrungsaufnahme erhöht. Die Kohlensäureausscheidung hat eine tägliche Periode mit dem Maximum nach der Hauptmahlzeit.
4. Muskelthätigkeit.
   Muskelarbeit bewirkt eine erhebliche Zunahme der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe.
5. Zahl und Tiefe der Atemzüge.

Zahl der Atemzüge in 1 Min.	Vol. der Atemluft in 1 Min.	Vol. der ausgeatmeten Kohlensäure	Procentgehalt an Kohlensäure
12	6000 ($\frac{1 \text{ Atemzug}}{= 500 \text{ cbctm}}$)	258 cbctm	4,3 %
24	12 000 cbctm	420 „	3,5 %
48	24 000 „	744 „	3,1 %
96	48 000 „	1 392 „	2,9 %

Je schneller also geatmet wird, desto ärmer (procentualisch) an Kohlensäure ist jeder einzelne Atemzug, desto mehr Kohlensäure wird aber im Ganzen ausgehaucht.

Perspiration (= Athmung durch die Haut).

Auch durch die Haut findet ein, wenn auch geringer Gaswechsel statt; derselbe beträgt etwa $^1/_{200}$ des Lungengaswechsels; die Haut scheidet in 24 Stunden etwa 4—5 gr Kohlensäure aus.

Vergleichende Physiologie.

Die Formen der Atmungsorgane sind verschieden:

a) Durch die ganze Körperoberfläche atmen: die Protozoën, Würmer.
b) Durch ein Wassergefässsystem: die Echinodermen.
c) Durch Kiemen: die Fische.
d) Durch Tracheen mit Stigmata: die Insekten.
e) Durch Lungen: die Wirbeltiere.

III. Das Blut.

Das Blut, eine (rote) Flüssigkeit, circuliert in besonderen Canälen, den Blut-Gefässen, und vermittelt zum grössten Teil die Beziehungen zwischen den einzelnen Organen des Körpers. Es nimmt in der Lunge Sauerstoff aus der Atmosphäre auf, bringt denselben zu den verschiedenen Teilen, giebt ihn dort ab und empfängt dafür Kohlensäure, um dieselbe in der Lunge wieder der Atmosphäre beizumischen.

Es erhält aus den Verdauungsorganen teils direkt (durch die Venen), teils indirekt (durch Lymphgefässe, Duct. thoracic.) Bestandtheile der Nahrung und führt sie den einzelnen Teilen des Körpers zu; es scheidet durch die Nieren (Harn) gewisse nicht mehr für den Körper brauchbare Stoffe aus.

Farbe des Blutes: rot (in den Arterien: scharlachrot, in den Venen: dunkelblaurot.)

Consistenz: klebrig.

Reaction: alkalisch.

Geruch: eigentümlich (rührt her von flüchtigen Fettsäuren) auch Halitus sive Vapor sanguinis genannt.

Geschmack: salzig (wegen der im Blut vorhandenen Salze) und wie Tinte (wegen des im Blute enthaltenen Eisens).

Spec. Gewicht: (im Mittel) 1,055 (schwankt zwischen 1,045 bis 1,075). (Blut sinkt also in Wasser unter).

Temperatur: (im Mittel) 39° C.

Das Blut besteht aus einer Flüssigkeit, (= Blutflüssigkeit, Liquor sanguinis, auch Plasma genannt) in der körperliche (zellige) Elemente, die sogenannten Blutkörperchen (Corpuscula, Globuli sanguinis), in grosser Anzahl gleichmässig ver-

Plasma 1030 Blut 1055 rote Blutkörper 1070 rot Bl.körper 1090

teilt sind. Die Blutflüssigkeit ist farblos, wasserhell, vollkommen durchsichtig; der weitaus grösste Teil der Blutkörperchen ist gelblich gefärbt. Da viele solche kleine gelbe Körperchen in grösserer Menge dicht bei einander gelagert einen roten Reflex (= Farbe des Blutes) geben, so nennt man diese gefärbten Blutkörperchen gewöhnlich rote Blutkörperchen.

Ein ganz geringer Teil der Blutkörperchen ist farblos, ungefärbt (auch als weiss bezeichnet).

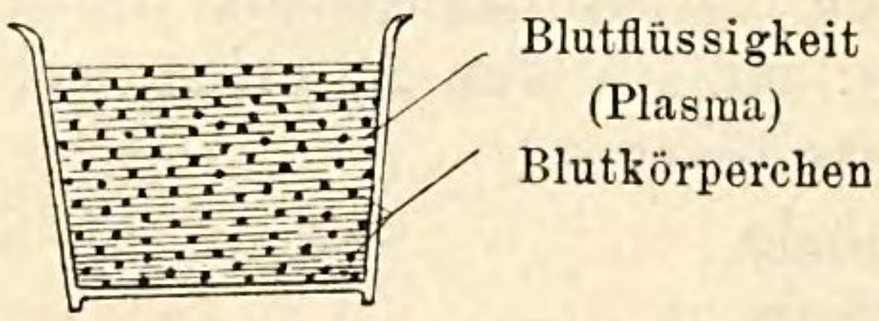
Also Blut = Blutflüssigkeit + rote und farblose Blutkörperchen.

Spec. Gewicht des Blutplasma = 1,03
„ „ der roten Blutkörpp. = 1,09 1088
„ „ der farblosen „ = 1,06—1,07.

(Also sind die Blutkörpp. schwerer als die Blutflüssigkeit und die roten Blutkörpp. schwerer als die farblosen).

Das circulierende Blut ist nur innerhalb der Gefässe während des Lebens flüssig, nach demTode oder noch während des Lebens ausserhalb der Gefässe (z. B. in einer Wunde) geht es aus dem flüssigen Zustand in den festen über = Coagulation, Gerinnung. Das fest gewordene Blut = Gerinnsel, Coagulum.

Fig. 11 (Fliessendes Blut).

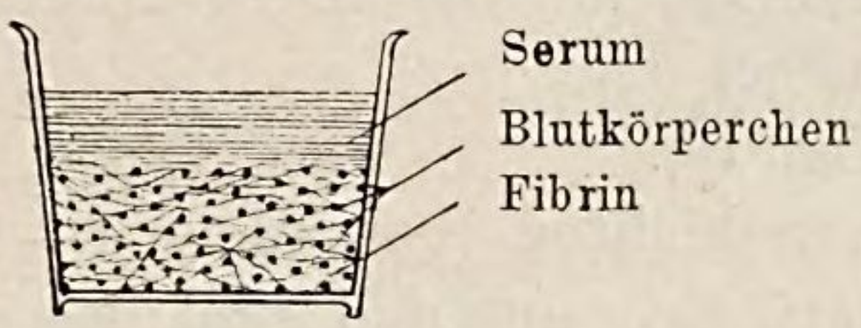


Gerinnung (Coagulation).

Dabei zerfällt die Blutflüssigkeit (Plasma) in 2 Flüssigkeiten, Serum und Fibrin (also Plasma = Serum + Fibrin). Beide, Serum und Fibrin, sind ursprünglich flüssig; nur bleiben beide nicht dauernd flüssig; sondern das Serum allein erhält sich flüssig, während das Fibrin sehr bald vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, dabei allerlei netzartige, maschenartige Formen annimmt und zugleich zu Boden sinkt. Da dieser Vorgang des Festwerdens des Fibrin überall in der Blutflüssigkeit (d. h. zwischen den Blutkörperchen) vor sich geht, so werden in den Maschen des sich senkenden Fibrins die Blut-

körperchen gleichsam inhaftiert und mit zu Boden gerissen; das im flüssigen Zustande verharrende Serum wird aus den sich immer mehr concentrierenden und senkenden Massen herausgepresst und tritt nach oben. Nähert sich der Vorgang der Gerinnung dem Ende, so ruht am Boden des Gefässes das Fibrin (= Faserstoff) mit den eingeschlossenen Blutkörperchen (rote und weisse) = Blutkuchen, Placenta sanguinis; über dem festen Blutkuchen*) steht das flüssige Serum.

Fig. 12 (Gewöhnliche Gerinnung).



Dies ist der Vorgang der gewöhnlichen Gerinnung; dabei ist Bedingung, dass das Fibrin überall zwischen den Blutkörperchen ziemlich schnell gerinnt, und indem es zu Boden sinkt, die Blutkörperchen mit sich reisst. (Fig. 12).

Anders gestaltet sich der Vorgang, wenn in einem still stehenden Blute durch besondere Umstände die Gerinnung des Fibrins nicht alsbald eintritt. Dann sinken zunächst die Blutkörperchen (die schwerer als die Blutflüssigkeit sind und nur durch das Strömen des Blutes in demselben suspendiert erhalten werden) zu Boden. Wenn nun erst das Fibrin fest wird und zu Boden fällt, senkt es sich auf die schon vorhandene Blutkörperchenschicht und bleibt auf derselben liegen. In diesem Falle sind also Blutkörperchen und Fibringerinnsel von einander getrennt. Oberhalb beider steht natürlich das Serum.

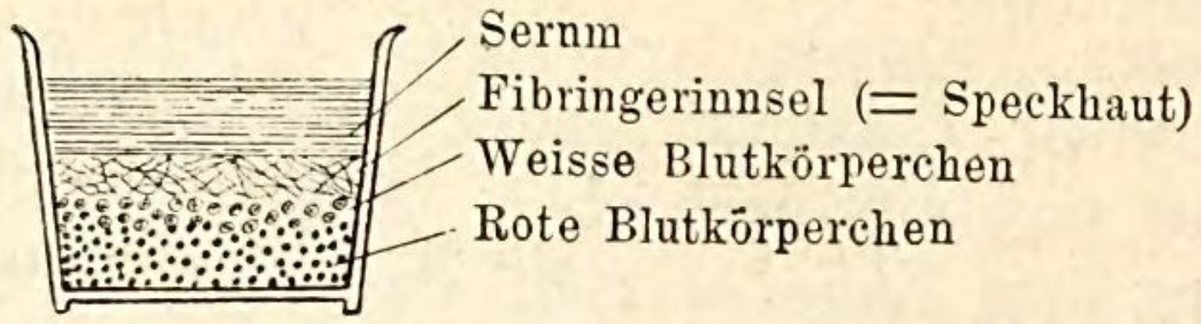
Es liegen dann also über einander (von unten nach oben):

Blutkörperchen (die Masse der Blutkörpp. wird auch als Cruor bezeichnet), Fibringerinnsel, Serum.

Die roten Blutkörpp. sind schwerer als die farblosen, daher nehmen die roten Blutkörpp. den untersten Teil der Blutkörperchenschicht ein, während im oberen Teil mehr farblose Elemente zu finden sind. Es würde also eine Aufzählung der Schichten (von unten nach oben) in genauester Angabe lauten:

*) Der Blutkuchen (= Fibrin + Blutkörperchen) hat verschiedene Formen (je nach dem Gefäss, in dem die Gerinnung erfolgte).

Fig. 13. (Speckhautbildung).



1) Rote Blutkörpp.
2) Farblose Blutkörpp. (Diese Schicht nicht sehr regelmässige continuierliche Lage, sondern an einzelnen Stellen grössere, an anderen geringere Anhäufungen).
3) Fibringerinnsel.
4) Serum. (Fig. 13).

Die einzelnen Schichten (besonders 1—3) sind natürlich nicht absolut scharf getrennt und sind besonders häufig dem Fibringerinnsel farblose Blutkörpp. beigemischt. (Hauptfrage bei dieser Art der Gerinnung natürlich: wann ist das Fibrin geronnen?)

Da das Fibringerinnsel wie eine Haut auf der Blutkörperchenschicht liegt und in seinem Aussehen (nicht etwa in der Zusammensetzung) Aehnlichkeit mit dem Speck zeigt, so nennt man das Fibringerinnsel auch Speckhaut, Speckgerinnsel.

[Also Speckhaut = Fibringerinnsel (event. + einige farblose Blutkörpp.)].

Das Wesen der Speckhautbildung liegt darin, dass die Gerinnung des Fibrins langsam, später wie gewöhnlich eintritt und die Blutkörpp. Zeit finden, vorher zu Boden zu sinken.

In vielen Gefässen (besonders im Herzen) bleibt das Blut nach dem Tode ziemlich lange flüssig und man kann dort sehr häufig die Bildung von Speckgerinnseln beobachten. Besonders zu erwähnen ist hierbei der Sinus longitudinalis (= Sinus falciformis maior) der Dura mater cerebri. Wenn der Mensch post mortem dauernd auf dem Rücken liegt, so bildet (ähnlich wie beim Versuch) dieser Sinus eine lange Röhre, in der das Blut sehr langsam gerinnt; man findet dann 2—3 Tage nach dem Tode in diesem Sinus zunächst dem Hinterhaupt die Blutkörpp., der Stirn zunächst Speckgerinnsel.

Das Blut der Schwangeren und bei gewissen Entzündungen (besonders bei Entzündung der Pleura: Pleuritis) neigt sehr

d. h. gerinnt sehr langsam

zur Speckhautbildung; daher wird die Speckhaut auch Crusta phlogistica, Crusta inflammatoria, Crusta pleuritica genannt.

[Crusta = Kruste, Schicht = härtere Oberfläche eines weicheren Körpers. φλόξ = Flamme, Entzündung. Inflammatio = Entzündung.]

Die etwas ungleichmässige Schicht der farblosen Blutkörpp. unterhalb der Speckhaut bezeichnet man auch als Crusta granulosa. [Granulum = Körnchen, Häufchen.]

Um die verzögerte Gerinnung des Fibrins als Ursache der Speckhautbildung experimentell festzustellen, hat man die Speckhaut künstlich erzeugt mit Mitteln, welche die Gerinnung verlangsamen.

Die Gerinnung wird beschleunigt durch

1) Wärme (Temperaturen von 39°—55° C.).
2) Berührung des Blutes mit fremdartigen Substanzen (Glasstab etc.).

Die Gerinnung wird verzögert durch

1) Alkalien und alkalische Erden (am besten Magnesiumsulfat).
2) Säuren (Essigsäure, Kohlensäure).
   Daher gerinnt das an Kohlensäure sehr reiche Erstickungsblut nicht.
3) Kälte.

Wenn man frisch entleertes Blut mit einem Stabe schlägt, so scheidet sich das Fibringerinnsel an und um den Stab ab und haftet an ihm, entfernt man Stab + Fibringerinnsel, so ist das übrig bleibende Blut nun defibriniert. Defibriniertes Blut, in ein schlagendes Herz gebracht, wird wieder gerinnungsfähig.

Gewisse Blutarten (z. B. Lebervenenblut) zeigen äusserst geringe Neigung zur Gerinnung. Bei einzelnen Menschen ist die Gerinnselbildung eine sehr mangelhafte; solche Individuen können sich daher aus der kleinsten Wunde schon verbluten (= Bluter, Hämophilen).

Innerhalb des Körpers gerinnt das Blut nach dem Tode nur in den grösseren Gefässen, das Capillarblut gerinnt überhaupt nicht.

In den Gefässen bleibt (nach dem Tode) das Blut sehr

2/3 Plasma 1/3 Körperchen
10% fest. 90% H_2O 33% fest. 67% H_2O

lange flüssig; führt man bei noch flüssigem Blut einen fremden Körper durch die Gefässwand ein, so erfolgt sofort Gerinnung.

In krankhaft veränderten Gefässen und innerhalb andrer Kanäle (z. B. Ureter) gerinnt das Blut.

Die lebende (gesunde) Gefässwand übt also zweifellos einen (hindernden) Einfluss auf die Gerinnung aus.

Versuch von Brücke:

Nimmt man ein an den abgehenden Gefässstämmen unterbundenes Froschherz heraus und bringt es unter Quecksilber, so pulsiert es mit Blut gefüllt weiter (unter günstigen Umständen noch Tage); das Blut innerhalb dieses schlagenden Herzens bleibt flüssig. Sticht man das Herz an, so gerinnt das ausfliessende Blut in kürzester Zeit.

Da das Blut bei der Gerinnung vom flüssigen in den festen Aggregatzustand übergeht, so wird dabei Wärme frei.

Bestandtheile der Blutflüssigkeit

I. Wasser (bis gegen) 90 %.

II. Eiweisse 8—10 %,

a) Serum-Albumin 3—4 %,

b) Serum-Globulin (= fibrinoplastische Substanz = Paraglobulin = Serum-Caseïn) 2—4 %,

c) Fibrinogene Substanz, in sehr geringer Menge im Blute vorhanden, findet sich auch in den Flüssigkeiten der serösen Höhlen (Pleura, Pericard etc.), in der Lymphe und in vielen Geweben,

d) (Gerinnungs-)Ferment*), (auch Fibrinferment genannt)

---

*) Ferment (fermentum, fervimentum von ferveo) = Gährungsmittel, Mittel, um Umsetzungen hervorzurufen. Man unterscheidet:

1. Ungeformte (= nicht organisierte) Fermente = Enzyme ($\xi\acute{\upsilon}\mu\eta$ = Gährungsstoff von $\xi\acute{\varepsilon}\omega$) = organische Substanzen, z. B. Diastase, Speichel, Bauchspeichel.
2. Geformte (= organisierte) Fermente = Mikroorganismen, Hefe, Spaltpilze. Diese kleinsten Organismen bewirken durch ihre Lebensthätigkeit Zersetzungen (Spaltungen) der Substanzen, mit denen sie in Berührung kommen. Als lebende Wesen bedürfen sie aber zu ihrem Gedeihen bestimmter Vorbedingungen: einer bestimmten Temperatur, der Wasser- und Luftzufuhr etc.

Alle Fermente üben ihre zerlegende Wirkung aus, ohne selbst dabei Umsetzungen zu erfahren.

im ganz frischen Blut nicht vorhanden, bildet sich erst z. B. beim Ausfliessen des Blutes vielleicht aus zerfallenden Blutkörperchen.

III. Fette 0,1—0,2 %,
   a) Neutrale Fette (nach reichlicher Fettnahrung, aus den Lymphgeff. des Darmes ins Blut übergeführt),
   b) Fettsäuren, Seifen.

IV. Kohlenhydrate 0,1—0,2 %,
   a) Traubenzucker,
   b) Glykogen.

V. Stoffe der regressiven Metamorphose 0,02 %,
   Harnstoff, Kreatin, Harnsäure.

VI. Salze (anorgan.) 0,9 %,
   Natronsalze (Kochsalz), Natriumcarbonat, Natriumsulfat, Natriumphosphat ($Na_3 PO_4$,) Calciumphosphat, Magnesiumphosphat.

   Die alkalische Reaction des Blutes rührt hauptsächlich von kohlensaurem und neutralem phosphorsaurem Natron her.

VII. Gase (O, CO_2, N.) siehe unter Blutgase.

Das Fibrinferment vereinigt fibrinogene und fibrinoplastische Substanz zum Fibrin, welches, erst flüssig, alsbald fest wird. (Fibrinogene und fibrinoplastische Substanz = Fibringeneratoren). Von den im Plasma enthaltenen Eiweisskörpern (siehe unter II) werden etwa nur 0,2 % (= die ganze fibrinogene Substanz + Ferment + ein geringer Teil der fibrinoplastischen Substanz) zur Bildung des Fibrins verbraucht. [Plasma — Fibringeneratoren = Serum]. Ein grosser Teil der fibrinoplastischen Substanz (und auch Ferment) bleibt gelöst im Serum zurück, welches aber keine fibrinogene Substanz mehr enthält. (Daher ist das Serum zur Darstellung der fibrinoplastischen Substanz sehr geeignet).

Die serösen Flüssigkeiten (Pleura-, Hydrocele*)flüssigkeit) enthalten nur fibrinogene Substanz, gerinnen also nicht spontan (wie das Blut), sondern erst nach Zusatz von Blutserum (oder Blut überhaupt).

*) Hydrocele = Wasserbruch = patholog. Ansammlung von Flüssigkeit in der Scheidenhaut des Hodens.

Dadurch, dass in der Blutflüssigkeit zahlreiche kleine Körperchen suspendiert sind, erleidet jeder das Blut durchlaufende Lichtstrahl unendlich viele Brechungen; daher ist das normale Blut undurchsichtig (verdeckt darunter liegende Gegenstände), eine Deckfarbe. Zerstört man auf irgend eine Weise die Blutkörperchen und löst ihren Farbstoff in der Blutflüssigkeit auf, so ist die Flüssigkeit im Ganzen gefärbt (ähnlich z. B. rot gefärbtem Wasser); der Lichtstrahl geht nach dem Eintritt geradlinig durch die ganze Flüssigkeit hindurch. Solch eine Flüssigkeit ist durchsichtig, eine Lackfarbe.

Übergang des normalen Blutes (= Deckfarbe) durch Zerstörung der roten Blutkörperchen und Auflösung des Blutfarbstoffes in eine Lackfarbe = **Aufhellung.** [Auflösung der roten Blutkörpp. = Hämocytolysis].

Mittel zur Aufhellung sind:

Wasser. Äther. Chloroform. Alkalien. Gallensäuren. Erwärmen (auf 60°). Wiederholtes Gefrieren und Wiederaufthauenlassen. Entziehung der Gase.

Die roten Blutkörperchen.

Die (sehr elastischen, weichen und biegsamen) roten Blutkörperchen ohne Kern, ohne Membran sind kreisrunde Scheiben mit abgerundetem Rande, die auf beiden Seiten tellerförmig vertieft sind (Querschnitt eines roten Blutkörperchen also biscuitförmig). Der Durchmesser des Kreises beträgt 0,00 774 mm*). Die Dicke des Blutkörperchen (im Mittelpunkt des Kreises) 0,00190 mm.

Oberfläche eines roten Blutkörperchen = 0,0001280 qmm.
Vol. eines roten Blutkörperchen = 0,000000072217 cbmm.
Spec. Gewicht der roten Blutkörperchen = 1,088—1,089.
Gewicht eines roten Blutkörperchen = 0,00008 mgr.

Zahl der roten Blutkörperchen in 1 cbmm = 5 000 000 (um die Blutkörpp. zu zählen, sind besondere Zählapparate construiert von Abbé-Zeiss, Thoma etc.).

Gesamtblutmenge = 4400 cbctm.

Zahl der gesamten roten Blutkörpp. = 22 Billionen.

---

*) 0,001 mm = 1 μ.

Oberfläche der in 1 cbmm enthaltenen roten Blutkörperchen = 640 qmm.

Oberfläche der gesamten roten Blutkörperchen = 2816 qm. (= einem Quadrat, dessen Seite etwa 50 Meter oder 80 Schritt beträgt).

Bei mikroskopischer Untersuchung des frischen Blutes sieht man, dass die roten Blutkörperchen sich geldrollenartig an einander legen.

Die roten Blutkörperchen sind in fortwährendem Wechsel begriffen, sie gehen zu Grunde und werden durch andere neu gebildete ersetzt. Bildungsstätten der roten Blutkörperchen sind Knochenmark und vielleicht auch Milz, der Untergang der roten Blutkörperchen erfolgt in der Leber (dort aus Blutfarbstoff Gallenfarbstoff gebildet), in der Milz und im Knochenmark. In ihren Jugendzuständen (Foetus, Knochenmark) haben die roten Blutkörperchen noch Kerne.

Die roten Blutkörperchen bestehen aus

1) einem protoplasmatischen Teil = Stroma, Gerüst blass, durchsichtig;

das Stroma ist durchtränkt mit

2) Blutfarbstoff = Hämoglobin, gelblich.

Gewicht des in jedem Blutkörperchen enthaltenen Hämoglobins = $^1/_8$—$^1/_{10}$ des Gewichts des Blutkörperchens. Der Hämoglobingehalt des Blutes beträgt im Mittel 1 %.

Bestandteile des Stroma:

Wasser: 83 %.
Eiweiss: 6—15 %.
Lecithin: 0,3—0,9 %.
Cholestearin: 0,3 %.
Anorganische Salze: 0,9 % (Kalium, Phosphorsäure, Calcium, Magnesium, Chlor).

Die roten Blutkörperchen quellen nach Wasserzusatz auf; vorher biconcav, nehmen sie nun Kugelform an, der Blutfarbstoff tritt in die umgebende Blutflüssigkeit aus und das Stroma wird unsichtbar (siehe Aufhellung).

Nach Zusatz von Wasser-entziehenden Substanzen, z. B. Salzlösungen, schrumpfen die roten Blutkörperchen und bekommen allerlei Spitzen und Zacken (= Stern- oder Maulbeerform).

Der Blutfarbstoff, Haemoglobin.

Das Haemoglobin verbindet sich mit dem Sauerstoff, der dem Blut in den Lungen durch die Atmung zugeführt wird, zu Oxyhaemoglobin.*) Dieses ist eine sehr lockere chemische Verbindung (zwischen Haemoglobin und Sauerstoff) und giebt in den Capillaren der verschiedenen Körperteile den Sauerstoff leicht wieder an die umgebenden Gewebe ab. Oxyhaemoglobin enthaltendes (= arterielles) Blut strömt von der Lunge zu den verschiedenen Teilen und ist hellrot, scharlachrot, nicht dichroïtisch.**)

Im Gegensatz zu diesem Oxyhaemoglobin nennt man das einfache Haemoglobin (ohne Sauerstoff) auch reduciertes Haemoglobin. Blut, deren Blutkörperchen reduciertes Haemoglobin enthalten, (= venöses Blut) strömt von den verschiedenen Teilen zur Lunge und ist auffallend dunkelrot, dunkelblaurot, dichroïtisch (d. h. bei auffallendem Lichte dunkelrot, bei durchfallendem grün).***)

Beide, Oxyhämoglobin und einfaches (reduciertes) Hämoglobin, lösen sich in Wasser und dünnen Alkalien; die Oxyhämoglobin-Lösung ist hellrot, scharlachrot, nicht dichroïtisch, die Lösung des reducierten Hämoglobins ist dichroïtisch, bei auffallendem Lichte weinviolettrot, bei durchfallendem Lichte grün. Im Spectralapparat betrachtet, zeigen Lösungen von Oxyhämoglobin zwei dunkle Absorptionsstreifen in Gelb und Grün zwischen den Linien D und E, Lösungen von reduciertem Hämoglobin einen Absorptionsstreifen in Gelb und Grün zwischen D und E.

[Methämoglobin nur aus Hämoglobin-Lösungen gebildet, nicht innerhalb der Blutkörperchen entstanden.]

Das Hämoglobin ist ein eisenhaltiger†) Eiweisskörper

---

*) 1 gr Haemoglobin bindet bei 0° und 760 mm ca. 1,6 cbctm Sauerstoff.

**) Dichroïtisch = zweifarben. Eine Flüssigkeit zeigt, in verschiedener Weise betrachtet (z. B. bei auffallendem und bei durchfallendem Licht) verschiedene Farben.

***) Grün und rot = Complementärfarben.

†) Trockenes Hämoglobin enthält 0,42% Eisen.
Im Gesammtblut sind 2,36 gr Eisen enthalten.
Das Blut enthält 0,01—0,06% Eisen.

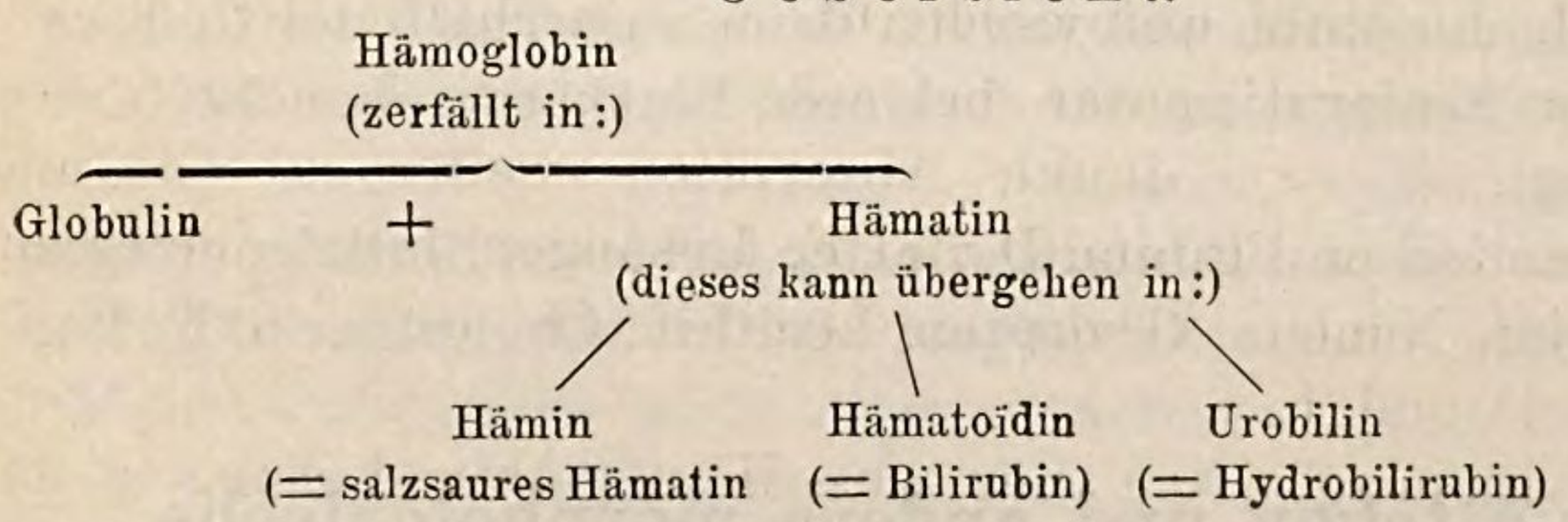
C 50% O 25% N 17% H 8% S 0,5-2,0

(besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Eisen); es ist der erste Eiweisskörper, den man krystallisiert erhalten hat. (Wenn aufgehelltes Blut verdunstet, bilden sich Krystalle von Hämoglobin.) Hämoglobin-Krystalle = rötliche rhombische Tafeln. Da in diesen Krystallen das Hämoglobin stets mit Sauerstoff verbunden erscheint, so heissen sie mit genauerer Bezeichnung Oxyhämoglobinkrystalle.

Das Hämoglobin zerfällt sehr leicht (Erwärmen, Behandlung mit Säuren) in Globulin (eine Eiweisssubstanz) + Hämatin (= eigentlicher eisenhaltiger Blutfarbstoff, eine schmutzig braunrote Substanz). Das Hämatin kann übergeführt werden in Hämin (= salzsaures Hämatin; indem man Salzsäure in stat. nasc. mit Hämatin zusammenbringt). Häminkrystalle = kleine braunschwarze rhombische Tafeln = Teichmannsche Häminkrystalle (noch aus sehr alten Blutflecken darstellbar).

Aus dem Hämatin entwickelt sich da, wo Blut ausserhalb des Kreislaufs stagniert und der Zersetzung anheimfällt (z. B. Blutergüsse) Hämatoïdin. Dasselbe ist eisenfrei, gelbrot, bildet rhombische Krystalle und ist identisch mit dem Bilirubin der Galle. Hämatin (in alkoholischer Lösung mit Zinn und Salzsäure) reduciert = Urobilin (= Hydrobilirubin).

Uebersicht.



Farblose Blutkörperchen

(= weisse Blutkörperchen, Leucocyten, Rundzellen) sind kuglige Gebilde mit gekörntem (= granuliertem) Leib ohne Membran. Nach Essigsäure-Zusatz quellen sie auf und zeigen mehrere kleine Kerne ohne Kernkörperchen.

Ihre Grösse wechselt zwischen 0,004 und 0,013 mm und beträgt im Mittel etwa 0,005, mm im Durchmesser (meist sind sie etwas grösser als die roten Blutkörperchen). 4-13 µ

1 cbmm 5 Millionen rot. 18000 wfs. 250000 Blutpl.

In 1 cbmm 18 000 farblose Blutkörperchen.

1 farbloses Blutkörperchen kommt auf 345 rote Blutkörperchen.

Die Zahl der farblosen Blutkörperchen ist grossen Schwankungen innerhalb eines Tages unterworfen. Wenn z. B. nach jeder Mahlzeit (besonders nach der Hauptmahlzeit) eine an Rundzellen sehr reiche Lymphe dem Blut zufliesst, wird der Gehalt des Blutes an farblosen Körperchen vermehrt. (Vermehrung der farblosen Blutkörperchen = Leucocytosis). Wenn man die während verschiedener Tageszeiten gefundenen Zahlen der farblosen Blutkörperchen als Curve darstellt, so erhält man eine sogenannte tägliche Curve, die ihr Maximum nach der Hauptmahlzeit zeigt.

Die verschiedenen Blutarten sind in Bezug auf die Zahl der Leucocyten nicht gleich. Am reichsten an farblosen Blutkörperchen ist das Blut der Milzvene, der Pfortader, der Lebervenen.

Die farblosen Blutkörperchen besitzen die Fähigkeit, amöboïde Bewegungen (d. h. Bewegungen, ähnlich denen der Amöben) auszuführen; sie sind nicht zu jeder Zeit rund, sondern nehmen die verschiedensten Gestalten an, strecken Fortsätze aus, nehmen Ortsbewegungen vor und wandern selbst durch Gefässwände hindurch und werden dann ausserhalb der Gefässe gefunden (= Emigration der farblosen Blutkörperchen bei der Entzündung).

Die chemischen Bestandtheile der farblosen Blutkörperchen sind: Eiweiss, Nucleïn, Glykogen, Lecithin, Cholestearin, Fette, Salze.

Blutplättchen und andere morphologische Bestandteile des Blutes.

Blutplättchen = farblose, platte oft runde Scheiben etwa vom halben Durchmesser eines roten Blutkörperchens, in ihrer Entstehung und Bedeutung noch unklar.

Ausser den Blutkörperchen und den Blutplättchen finden sich im Blute noch allerlei Körnchen (teils Fett), Epithelschüppchen, Blutkrystalle (vereinzelt), Parasiten (Distoma haematobium Bilharz, gehört zu den Plattwürmern) etc.

Alle diese sind accidentelle d. h. nicht notwendig zum Blut gehörige Bestandteile.

Blutgefässe.

Die Gefässe, welche das Blut vom Herzen zu den verschiedenen Organen führen, die **Arterien,** lösen sich in immer feinere Aeste auf, und indem sie sich so auflösen, ändern sie den Habitus ihrer Wanderungen allmählich, so dass endlich innerhalb der einzelnen Organe ganz feine Canäle mit einer einfachen nur aus Zellen bestehenden Wand, sogenannte **Capillaren** (= Protoplasma in Röhrenform) erscheinen. In diesen Capillaren findet ein Austausch zwischen Blut und Gewebe statt.

Durchschnittliche Länge der Capillaren = 0,5 mm.

Der Durchmesser der Capillaren schwankt zwischen 0,005 bis 0,02 mm. In den Capillaren fliesst das Blut sehr langsam, infolge dessen nehmen die schwereren roten Blutkörperchen mehr die centrale Partie, den Axenstrom, ein, während die leichteren farblosen Blutkörperchen und das Plasma sich in der Randzone fortbewegen.

Nachdem die Capillaren sich eine Strecke weit fortgesetzt haben, bilden sich nach und nach aus ihnen wieder grössere Gefässe, **Venen,** welche das Blut zum Herzen zurückführen.

An der Wand der Arterien und der Venen unterscheidet man (von aussen nach innen gehend) Adventitia, Media, Intima, Endothel. Endothel = einfache Lage polgyonaler Zellen. Adventitia und Intima der Arterien und Venen sind bindegewebiger Natur. Die Media, besonders stark in den Arterien entwickelt, ist in diesen muskulös; diese Muskulatur findet sich am reichlichsten in den mittleren und kleineren Arterien, während in den ganz grossen Arterien (Aorta) die Media neben den muskulösen Elementen einen überwiegenden Bestandteil elastischer Lagen besitzt. Daher wohnt den mittleren und kleineren Arterien besonders die Fähigkeit der Verengerung und Erweiterung (Contraction, Erschlaffung) inne.

[Die Verengerung resp. Erweiterung erfolgt durch Nerveneinfluss:

Gefässverengernde Nerven = Vasomotoren sive Vasoconstrictoren; Centrum in der Med. oblongata.

Klappen sind:
1. große Venen 3. Herzohr
 2. Lungenvenen 4. Ohrvenen.

Gefässerweiternde Nerven = Vasodilatatoren; Centrum in der Med. oblongata?]

Die Venen haben eine dünnere Wand als die Arterien, weil ihre Media in geringerem Grade ausgebildet ist. Die Media der Venen enthält vorwiegend elastische Elemente, nur wenig, stellenweise sogar gar keine Muskelfasern.

Die Venen haben vielfach Klappen (Extremitätenvenen, V. ingularis etc.), welche von der Intima gebildet, analog den Semilunarklappen der Aorta construiert sind und dem Blute nur in der Richtung zum Herzen zu strömen gestatten.

Die Venen des Gehirns, soweit sie innerhalb der Dura mater verlaufen (Sinus durae matris genannt) haben keine eigene, sondern eine von auseinander weichenden Blättern der Dura mater gebildete Wand.

Cavernöses Gewebe = maschenartiges Gewebe; zahlreiche unter einander in Verbindung stehende Hohlräume (= Bluträume); die Maschen dieses Gewebes = Bindegewebe + glatte Muskelfasern. Das Blut strömt aus den Arterien frei in diese Räume (anstatt in Capillaren) und aus diesen heraus in die Venen.

Vasa vasorum = ernährende Gefässe der Gefässwandung, treten von aussen her an die Adventitia heran.

Blutmenge.

Die Gesamtblutmenge des Menschen wird bestimmt nach der Methode von Welcker und Heidenhain (gegründet auf den Blutfarbstoff).

Welcker nahm eine abgemessene Quantität (z. B. 1 cbctm.) Blut und verdünnte sie mit Wasser, bis ein gewisses Volumen (1 cbdzm) erreicht war. Diese Menge (1 cbdzm) = Probelösung. Nun stellte er durch Ausspritzen der Gefässe und Auspressen der zerhackten Gewebe eine Lösung des gesamten Körperblutes her, welche er so lange mit Wasser verdünnte, bis ihre Farbe der der Probelösung völlig gleich war. Durch Vergleich der Volumina dieser beiden (Probelösung und Lösung des gesamten Körperblutes; in je 1 cbdzm der Probelösung ist 1 cbctm Blut enthalten) fand er die Gesamtblutmenge.

Dieses Verfahren hat Heidenhain noch verbessert, indem er die Blutmenge einmal nach einer arteriellen Probemischung,

das andere Mal nach einer venösen bestimmte und daraus das Mittel zog.

Die Methode hat den Fehler, dass beim Auspressen der Gewebe neben dem Blutpigment auch noch andere ähnliche Farbstoffe in die Flüssigkeit eintreten.*)

Gesamtblutmenge des Erwachsenen = $^1/_{13}$ des Körpergewichts
= 4—5 kg (im Mittel)
= 4400 cbctm.

Von der gesamten Blutmenge ist enthalten:

In den grossen Kreislaufsorganen	$^1/_4$
In der Leber	$^1/_4$
In den vorhandenen Muskeln	$^1/_4$
In den übrigen Organen	$^1/_4$

Im Augenblick des Sterbens und während der nächsten darauffolgenden Minuten wird das ganze Blut aus den Arterien durch Contractionen in die Capillaren und in die Venen, aus der Haut in die inneren Organe getrieben (daher bleiches Aussehen der Leiche). Die Arterien sind dann fast ganz leer. So wird die während des Lebens bestehende annähernd gleichmässige Blutverteilung innerhalb des Gefässsystems post mortem geändert.

Die Blutmenge unterliegt während des Lebens grossen Schwankungen (z. B. Blutverluste bei Verwundungen etc.).

Wenn eine grössere Menge (z. B. $^1/_3$ des) Blutes aus den Gefässen getreten ist (= Extra-vasat), der Circulation entzogen wurde und der Tod dadurch eintrat = Verblutung, Verblutungstod.

Zur Behandlung (Behandlung = Therapie) der drohenden Verblutung: Ersatz des verloren gegangenen Blutes entweder wieder durch Blut oder durch erwärmte physiologische ($^3/_4$%ige) Kochsalzlösung.

Transfusion = Überführung des Blutes von Gefäss zu Gefäss.

Infusion = Einschüttung, Eingiessung (Einfliessenlassen) = Eintreiben der Flüssigkeit in den Körper unter keinem höheren Druck als dem des eigenen Gewichtes der Flüssigkeit (z. B.

---

*) Zum Vergleich der Farbe der Flüssigkeiten bedient man sich, um nicht durch die verschiedene Grösse der Gefässe irregeführt zu werden, kleiner planparalleler genau gleich dicker Glasgefässe (= Hämatinometer).

Kochsalzinfusion in eine Vene, oder in die Peritonealhöhle, oder ins Rectum).

Injection = Flüssigkeit in den Körper mittels Spritze oder andrer Druckvorrichtung eingetrieben.

Blutgase.

Wenn zwei mischbare Flüssigkeiten (oder auch Gase) vorsichtig so zusammengegossen werden, dass die leichtere anfänglich über der schwereren gelagert ist, so findet dennoch allmählich eine Mischung der Flüssigkeiten (Gase) statt, bis endlich die ganze Flüssigkeit (Gasmasse) gleiche Concentration und chemische Zusammensetzung zeigt.

Dieses Durchdringen der Flüssigkeiten (Gase) = **Diffusion.**
(Diffusion zwischen Flüssigkeiten = Hydrodiffusion
„ „ Gasen = Aërodiffusion).

Selbst wenn die beiden Flüssigkeiten (resp. Gase) durch eine poröse Membran von einander getrennt sind, findet ein Austausch zwischen beiden durch die Membran hindurch statt = **Endosmose.**

Auch wenn auf der einen Seite der Membran eine gasenthaltende Flüssigkeit, auf der anderen ein Gas steht, findet ein Austausch zwischen den beiderseitigen Gasen statt.

So erfolgt in der Lunge zwischen dem Blut und der atmosphärischen Luft (durch die Wand der Blutgefässe und Alveolen hindurch), in den Capillaren der verschiedenen Organe zwischen dem Blut und den Geweben (durch die Capillarwand hindurch) ein Gasaustausch.

Flüssige (und auch feste) Körper besitzen die Eigenschaft, Gase zu verschlucken = **Absorption** (absorbeo = herunterschlürfen, verschlucken).

Dabei zu bemerken:

a) Je stärker man auf das über einer Flüssigkeit befindliche Gas drückt, desto mehr wird von dem Gas in die Flüssigkeit hineingetrieben, absorbiert.

Also ist die Absorption abhängig vom Druck.

b) Kocht man z. B. gewöhnliches Wasser, so entweichen alle darin vorher absorbierten Gase; Erwärmen treibt absorbierte Gase aus.

Also ist die Absorption abhängig von der Temperatur.

c) Bringt man bei gleicher Temperatur und bei gleichem Druck gleiche Volumina zweier Gase über Wasser, so absorbiert dasselbe doch nicht genau zwei gleiche Volumina beider Gase, sondern von dem einen Gas mehr, von dem anderen weniger; es zeigt also eine verschiedene Absorptionsfähigkeit für die beiden Gase.

Dasjenige Gasvolumen, welches bei 0° und 760 mm Druck von der Volumenseinheit der Flüssigkeit absorbiert wird, = Absorptionscoëfficient des Gases für diese Flüssigkeit. Z. B. Wasser absorbiert bei 15° C. 1 Vol. Kohlensäure, 0,03 Vol. Sauerstoff, 0,01 Vol. Stickstoff.

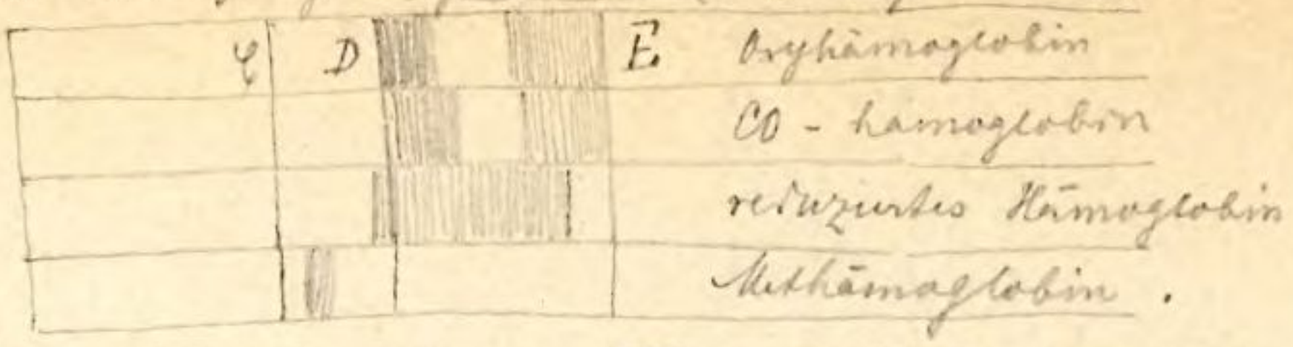
Also ist die Absorption abhängig vom Absorptionscoëfficienten.

Mithin ist die (physikalische) Absorption abhängig von

a) Druck,
b) Temperatur,
c) Absorptionscoëfficient.

Befinden sich über einer Flüssigkeit 2 Gase (z. B. Atmosphärische Luft, die zu $^1/_5$ aus O zu $^4/_5$ aus N besteht), so wird der ganze auf dem Gasgemisch lastende Druck (P = 760 mm Quecksilber) geteilt je nach dem Volumen der beiden Gase. Der auf jedes der beiden Gase (O, N) entfallende Druck = Partialdruck (beträgt für O $^1/_5$ P = ca. 150 mm, für N $^4/_5$ P = ca. 600 mm). Jedes der beiden Gase wird natürlich entsprechend dem auf ihm lastenden (Partial-) Druck von der Flüssigkeit absorbiert. Wird nun diesen 2 Gasen ein drittes (z. B. H) hinzugefügt, so verteilt sich der ganze Druck (P) auf die 3 Gase, der auf O und N lastende Druck wird infolgedessen vermindert, und es entweicht ein Teil von ihnen aus der Flüssigkeit. Ist die Menge des hinzugefügten dritten Gases sehr bedeutend, so wird der auf den beiden ersten Gasen lastende Druck bedeutend vermindert, es entweicht ein grosser Teil von ihnen aus der Flüssigkeit.

Man kann also absorbierte Gase aus einer Flüssigkeit entfernen, wenn man dieselbe mit einem anderen Gas behandelt.



Befindet sich in einem Wasser Salzsäuregas absorbiert und nimmt dasselbe Wasser nun auch Ammoniakgas auf, so gehen die beiden absorbierten Gase innerhalb der Flüssigkeit eine chemische Verbindung (= NH, ClSalmiak) ein = **chemische Absorption** (= neben der wirklichen physikalischen Absorption auch ein chemischer Vorgang innerhalb der Flüssigkeit).

Wenn man das Ammoniak wieder austreiben will, genügt Verringerung des Druckes oder Erwärmen nicht, man muss eine chemische Substanz hinzusetzen, die erst das Ammoniak von der Salzsäure wieder trennt.

Man muss also unterscheiden:

A) Physikalische Absorption
B) Chemische Absorption.

Im Blute sind Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure absorbiert enthalten.

(Gaspumpe von Pflüger: Dem Blute werden unter Aufheben des auf ihm lastenden Druckes die Gase entzogen).

Der Stickstoff ist im Blute (im Plasma) einfach (physikalisch) absorbiert, im Mittel zu 1,5% (Volumenprocent) enthalten (d. h. in 100 Liter Blut 1,5 Liter Stickstoff).

Der Sauerstoff ist im arteriellen Blute zu 18—21%, im venösen etwa zu 10—14% vorhanden; das venöse Blut enthält also etwa nur $^1/_3$ O weniger als das arterielle. Der Sauerstoff ist chemisch absorbiert, gebunden an das Hämoglobin der roten Blutkörperchen (zu Oxyhämoglobin = sehr lockere chemische Verbindung, zerfällt sehr leicht wieder in Sauerstoff und Hämoglobin).

Die Kohlensäure ist im Blutplasma absorbiert, findet sich im arteriellen Blute zu 30%, im venösen etwa zu 35%, (also um $^1/_4$—$^1/_6$ mehr). Davon ist ein Teil physikalisch, ein Teil chemisch absorbiert.

Was den letzteren Teil betrifft, so ist die Kohlensäure

α) fest gebunden an das im Plasma enthaltene Natron zu Natroncarbonat ($Na_2 CO_3$). Diese Kohlensäure ist nur austreibbar durch Säuren, die stärker sind als Kohlensäure z. B. durch Phosphorsäure.

β) an kohlensaures Natron ($Na_2 CO_3$) gebunden nach der Gleichung

$$Na_2 CO_3 + CO_2 + H_2 O = 2\,Na\,HCO_3$$

γ) an phosphorsaures Natron gebunden nach der Gleichung
$Na_2 HPO_4 + CO_2 + H_2 O = Na H_2 PO_4 + Na HCO_3$
(Dieser Teil der Kohlensäure auch Fernet'sche Portion genannt.)

Im Gesamtblut sind enthalten (im Mittel): 0,08 gr Stickstoff, 0,95 gr Sauerstoff, 2,97 gr Kohlensäure. Das arterielle Blut enthält also mehr Sauerstoff und weniger Kohlensäure als das venöse Blut; in den Capillaren giebt das Blut $^1/_3$ seines Sauerstoffs an die Gewebe ab und empfängt dafür Kohlensäure. Dieser Gasaustausch in den Capillaren zwischen dem Blut und den verschiedenen Geweben = **Gewebsatmung, innere Atmung.** In den Lungen wird die Kohlensäure an die atmosphärische Luft abgegeben und dafür wird Sauerstoff aufgenommen = **Lungenatmung.** (In den einzelnen Geweben wird das Blut venös, in den Lungen arteriell gemacht.)

Im Falle der Erstickung (d. h. wenn keine neue Luft, also auch kein neuer Sauerstoff dem Blute zugeführt wird) wird, da bei jedem Umlauf des Blutes ca. $^1/_3$ des Sauerstoffs aufgebraucht wird, nach 3 Kreisläufen aller Sauerstoff des Blutes verzehrt sein und in Ermangelung neuer Sauerstoffzufuhr der Tod eintreten (= Erstickungstod).

Dauer eines Kreislaufs = ca. 20—30 Sec. (siehe „Kreislauf").
3 Kreisläufe = ca. 60—70 Sec. d. h. 1—$1^1/_2$ Min.

Also erfolgt bei der Erstickung in 1—$1^1/_2$ Min. der Tod.

Bei der Erstickung ist das Blut nicht nur fast ganz ohne Sauerstoff, sondern auch, da jeder Gasaustausch in der Lunge fehlt, mit Kohlensäure überladen.

Erstickungsblut enthält

1% (höchstens) Sauerstoff
50% Kohlensäure
1,5% Stickstoff.

Nach dem Tode ist das ganze (auch das noch in Arterien enthaltene) Blut venös, dunkelblaurot.

Blut aus dem Körper entleert, der atmosphärischen Luft ausgesetzt, atmet noch eine kurze Zeit lang, d. h. es nimmt Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft auf (wird hellrot) und giebt Kohlensäure ab, bis es schliesslich aufhört, mit der Atmosphäre Gase auszutauschen und nun nur noch den schon

im Blut enthaltenen Sauerstoff vollständig aufzehrt (= Selbstzehrung des Blutes) und definitiv venös (dunkelblaurot) wird.

Das ganze aus den Geweben des Körpers zurückkehrende (venöse) Blut sammelt sich im rechten Herzen, wird in toto durch die Lungen getrieben, dort arterialisiert und dann wieder durch das linke Herz den verschiedenen Geweben zugeführt.

Vergl. Physiologie.

A) **Blutfarbe.**

Rot: bei den Wirbeltieren (ausgenommen Amphioxus lanceolatus).

Farblos: bei den Wirbellosen (und bei Amphioxus lanceolatus).

Blutkörperchen farblos (= den farblosen Blutkörperchen des Menschen). Doch bei einzelnen die Blutflüssigkeit gefärbt, daher

gelb: bei den Insekten (Blutflüssigkeit gelblich),

blau: bei den Krebsen (blauer, kupferhaltiger Blutfarbstoff, Haemocyanin),

rot: bei den Regenwürmern (Blutflüssigkeit rötlich),

grün: bei den Annulata (= Ringelwürmer) (Blutflüssigkeit grün).

B) **Blutkörperchen** (rote).

Rund, biconcav, ohne Kern: Säugetiere (ausgenommen Kameel, Dromedar, Lama).

Elliptisch, biconvex, ohne Kern: Kameel, Dromedar, Lama.

Elliptisch, biconvex, mit Kern: Vögel, Amphibien, Reptilien, Fische.

Durchmesser der Blutkörperchen:

a) Tiere mit runden Blutkörperchen

Elephant:	Durchmesser	0,0094	mm,
(Mensch:	„	0,0077	mm),
Moschustier:	„	0,0025	mm,

b) Tiere mit elliptischen Blutkörperchen

Amphiuma tridactylum:	langer Durchmesser	0,070	mm,
	kurzer Durchmesser	0,040	mm,

Proteus anguineus (Olm): langer Durchmesser 0,0635 mm,
kurzer Durchmesser 0,049 mm,
Lama: langer Durchmesser 0,0080 mm,
kurzer Durchmesser 0,0040 mm,

C) **Lungenatmung.**

Wenn wie beim Menschen (Säugetiere, Vögel) 2 vollständig getrennte Vorkammern und Kammern bestehen, wird das ganze Blut in den Lungen vollständig arterialisiert und rein arteriell in die Körperarterien getrieben.

Bei den Reptilien finden sich 2 vollständig getrennte Vorkammern, 2 nur unvollständig getrennte Kammern, daher erfolgt innerhalb der Kammern eine Vermischung arteriellen und venösen Blutes, das Blut strömt nicht rein arteriell in die Arterien des Körpers.

Bei den Amphibien bestehen 2 vollständig getrennte Vorkammern und 1 Kammer; die beiden Vorkammern entsprechen den Atrien des menschlichen Herzens, die rechte Vorkammer nimmt das Blut der Körpervenen, die linke das der Lungevenen auf. Aus den beiden Vorkammern fliesst das Blut in die eine Kammer, aus der ein arterielles Gefäss entspringt, das sich alsbald in zwei Aeste, die Art. pulmonalis und die Aorta, teilt. Daher wird stets nur ein Teil des Blutes durch die Arteria pulmonal. in die Lungen getrieben und arterialisiert (= fractionierte Atmung, frango, brechen, teilen.)

Die Fische haben nur eine Vorkammer und eine Kammer. (= dem rechten Herzen des Menschen). Das Blut fliesst aus den Körpervenen in die Vorkammer, dann in die Kammer, aus dieser zu den Kiemen (dort Gasaustausch) und von dort durch die Aorta zu den verschiedenen Körperteilen.

Bei den Tieren, welchen jeglicher Gefässapparat und auch das Blut fehlt (z. B. Protozoën), tauschen die Gewebe direkt (d. h. ohne Vermittlung des Blutes) mit der umgebenden Atmosphäre die Gase aus.

D) **Blutgefässe.**

Die niedrigsten Tiere zeigen keine Spur eines Gefässsystems.

Bei den Würmern findet sich ein doppelter, ein dorsal und ein ventral gelegener Schlauch, die vorn und hinten mit einander anastomosieren. Da die Blutbewegung längs des Rückens von hinten nach vorn geschieht, so kann man das Rückengefäss auch als Körpervene, das Bauchgefäss, in dem das Blut in umgekehrter Richtung strömt, als Körperarterie bezeichnen.

Die Arthropoden haben bereits ein Centralorgan, das den Blutlauf regelt.

Besonders sind zu erwähnen die Wundernetze:

Arterienstamm (ähnlich auch an den Venen) löst sich in feine vielfach anastomosierende Aeste (Arterien) auf = Wundernetz, Rete mirabile.

Die Aeste des Wundernetzes können sich entweder (ohne capillar zu werden) wieder zu einem Arterienstamm vereinigen (= bipolares oder amphicentrisches Wundernetz) oder sie gehen in die eigentlichen Capillaren über (= unipolares Wundernetz).

Beispiele: Wundernetze der Schwimmblase der Fische.

Choroides des Fischauges.

Art. mesenterica des Schweines (= rein arterielles Wundernetz).

Endzweige der Nierenarterie (= arterielles Wundernetz = Glomeruli; auch beim Menschen).

In den Wundernetzen Verlangsamung des Blutstromes, Vergrösserung der Wandoberfläche der Gefässbahn, wichtig für Diffusionsverhältnisse.

IV. Lymphe.

Filtration = Durchtritt von Flüssigkeiten durch poröse Körper (Membranen) infolge eines Druckunterschiedes (= mechanische Ursache).

Die durchgetretene Flüssigkeit = Filtrat.

Der poröse Körper (Membran) = Filtrum.

Die Ernährung der verschiedenen Gewebe des Körpers geschieht von den Blutcapillaren aus; durch die Capillarwand hindurch findet ein Gasaustausch zwischen Blut und Gewebe statt (siehe Blutgase), durch die Capillarwand transsudiert (trans-sudo = hindurchschwitzen) Flüssigkeit in das umliegende Gewebe (= Filtration: im Gefässrohr Flüssigkeit, Gefässwand = Filtrum; im Inneren der Capillaren herrscht ein Druck von ca. 30 mm Quecksilber).*) Diese Flüssigkeit, welche die Gewebe durchtränkt, heisst Parenchymflüssigkeit, Parenchymsaft, Ernährungstranssudat und strömt von dem betreffenden Gefäss, aus dem sie stammt, zu den umliegenden Teilen, giebt ihnen Ernährungsmaterial und nimmt dafür Produkte der Gewebe auf, fliesst nun aber nicht zu den Blutgefässen zurück, sondern sammelt sich, jetzt Lymphe (lympha = klares Wasser, wässrige Flüssigkeit) genannt, in besonderen Gefässen, den Lymphgefässen. Die Lymphgefässe des Körpers (auch Saugadern genannt) vereinigen sich allmählich zu mehreren grossen Stämmen und entleeren ihren Inhalt in das Venensystem.

*) Bei dieser Filtration durch die lebende Gefässwand hindurch handelt es sich aber nicht allein um einfache physikalische Verhältnisse des Drucks, sondern auch noch um andere nicht bekannte Eigenschaften der Gefässwand, welch letztere im Besitz einer electiven (eligo auswählen) Fähigkeit unter dem Einfluss des umliegenden Gewebes nur bestimmte Stoffe aus dem Blute entnimmt. Blut filtriert bedeutend langsamer als reines Wasser, setzt man die Transsudationsgeschwindigkeit des Wassers = 1,00, so erhält man für Blut etwa $^1/_2$.

[Röhren, die das überschüssige Wasser eines Ackers, einer Wiese etc. abführen, nennt man Abzugsröhren, Drainröhren*); daher Lymphgefässe = Drainröhren. Auch der Chirurg nennt die Röhre, welche man zum Abfluss allzu reichlich fliessenden Wundsecrets in eine Wunde einlegt, das Drainrohr.]

Das Lymphsystem hängt also vom Blutgefässsystem ab und kann ohne dieses nicht thätig sein.

Lymphgefässe; Lymphdrüsen.

Die aus einem Gewebe abfliessende Lymphe sammelt sich zuerst in besonderen Spalten, Lücken, Canälchen des Gewebes; diese sogenannten Lymphspalten, Saftspalten, Saftlücken, Saftcanälchen bilden die ersten morphologisch wohl charakterisierten Anfänge des Lymphgefässsystems, stehen untereinander vielfach in Verbindung und beginnen in unmittelbarer Nähe der Blutcapillaren. Die Saftcanälchen confluieren zu Lymphcapillaren, und diese wiederum vereinigen sich zu Lymphgefässen.

Die Lymphcapillaren, weiter als die Blutcapillaren, haben ganz wie diese eine zarte, nur aus Zellen zusammengesetzte Wand und weisen zahlreiche netzförmige Anastomosen**) auf.

Die Lymphgefässe sind ähnlich den Venen gebaut, aber bedeutend dünnwandiger als diese; man unterscheidet an ihnen (von innen nach aussen) ein Epithel, Intima, Media (mit glatten Muskelfasern) und Adventitia.

Alle Lymphgefässe sind mit einer grösseren Menge von Klappen versehen, welche ähnlich den Semilunarklappen des Herzens construiert sind.

Stellenweise verlaufen die Lymphgefässe perivasculär d. h. so, dass sie die Blutgefässe scheidenartig umgeben und das Blutgefäss gewissermassen in einer Lymphröhre (Lymphscheide) gelegen ist (Centralnervensystem). Wenn man irgend eine Flüssigkeit in ein Gewebe injicirt, so gelangt dieselbe infolge der Einrichtung der Lymphspalten sehr schnell in die Lymphbahn und von dieser in das Blut. Daher erklärt sich die

---

*) to drain (englisch) = trocken legen.

**) Anastomosis (ἀναστομέω eine Mündung bilden) = Zusammenmündung, Verbindung.

schnelle Wirkung der subcutanen (parenchymatösen, hypodermatischen) Injection, bei der die Substanz in gelöster Form mittelst einer Spritze dem subcutanen Fettgewebe einverleibt wird.

[Solche von den Lymphspalten aus vor sich gehende Aufsaugung bezeichnet man als interstitielle Resorption.]

Die serösen Höhlen des Körpers (Pleura, Pericard, Peritoneum) enthalten stets eine geringe Menge klarer Flüssigkeit, welche, aus den Blutgefässen der Wand durchgeschwitzt, dazu dient, die serösen Häute fortwährend zu befeuchten und deren Bewegungen zu erleichtern. In der Wand der serösen Höhlen findet man zwischen den Epithelzellen Oeffnungen, Stomata = Lymphspalten = Anfänge des Lymphapparates. Die serösen Höhlen also = lymphatische Räume = grosse Lymphspalten; die in diesen enthaltene lymphatische Flüssigkeit gelangt durch die Oeffnungen der Wand in die Lymphgefässe.

Die in der Pleura-, Pericardial-, Peritoneal-Höhle enthaltenen Flüssigkeiten sind in ihrer chemischen Zusammensetzung dem Blut-Serum (= Blutplasma — Fibrin) sehr ähnlich, enthalten aber weniger Eiweiss und weniger Salze*) und werden ungenauer Weise als seröse Flüssigkeiten bezeichnet (d. h. eine solche seröse Flüssigkeit ist nicht = Blutserum, sondern nur ähnlich wie Blutserum zusammengesetzt).

Die Lymphgefässe des Darms nehmen nicht nur das überschüssige Gewebswasser auf, sondern empfangen auch aus dem Darminnern direkt Bestandteile der aufgenommenen Nahrung. Jede Darmzotte enthält ein centrales, in der Spitze beginnendes Lymphgefäss. Da nun in diesen Lymphgefässen des Darms die wasserklare Lymphe mit den fettigen Bestandteilen der Nahrung vermischt weisslich, milchig erscheint, so bezeichnet man sie als Chylus (*χυλός* = Pflanzensaft, Milchsaft), die Lymphgefässe des Darms als Chylusgefässe.

In die Lymphgefässe sind besonders drüsige Apparate, die **Lymphdrüsen** (im ganzen Körper ca. 400), an verschiedenen Stellen eingefügt. Die Lymphe tritt durch das Vas afferens

---

*) Bei der Filtration der Blutflüssigkeit durch die Capillarwand werden die Salze in geringem Grade, Eiweiss in höherem Masse zurückgehalten.

1 cbmm Lymphe 8200 Lymphzellen
1 cbmm Blut 18000 rth. Bl körper.

in die Drüse ein und verlässt sie durch das Vas efferens wieder. Jede Lymphdrüse besitzt eine Kapsel, von der aus sich Septa durch die Drüse hindurch erstrecken. Dadurch zerfällt jede Lymphdrüse in zahlreiche Abteilungen, welche in der Rinde von mehr rundlicher Form Follikel genannt sind, in den centralen Teilen von mehr cylindrischer Form Markstränge heissen.

Alle diese Abteilungen, Follikel und Markstränge, stehen unter einander in Verbindung und sind mit einem von den Septa ausgehenden feinen Reticulum (= Netzwerk) durchzogen. Innerhalb der Maschen des Reticulum liegen kleine runde Zellen mit grossem Kern und Kernkörperchen, die sogenannten Lymphzellen, Lymphkörperchen, Follikelzellen.

Die in die Lymphdrüsen eintretende Lymphe fliesst frei zwischen den Maschen des Reticulum und erleidet dort mancherlei Veränderungen. Die Lymphdrüsen besitzen die Eigenschaft, gewisse Gifte, die ihnen mit der Lymphe zugeführt werden, zurückzuhalten.

Den Lymphdrüsen analog sind die lymphatischen Apparate des Digestionstractus (Solitärfollikel, Peyerische Haufen etc.), die Follikel der Milz.

Lymphe.

Die Lymphe besteht aus einer klaren Flüssigkeit (= Lymphplasma), in der farblose körperliche (zellige) Elemente, die sogenannten Lymphzellen, suspendiert sind. (In 1 cbmm Lymphe im Mittel etwa 8200 Lymphzellen).

Spec. Gewicht der Lymphe: 1,045,

Reaction: alkalisch,

Geschmack: salzig,

Consistenz: wässerig.

Die sich in den Lymphcapillaren sammelnde Lymphe enthält nur wenig Lymphzellen, die teils aus dem Blute stammen und durch die Wand der Blutcapillaren zusammen mit der Flüssigkeit hindurchgetreten sind, teils in dem betreffenden Gewebe, aus dem die Lymphe kommt, erzeugt worden sind (durch Teilung der Gewebszellen). Erst in den Lymphdrüsen erfährt die Lymphe eine grössere Beimischung von Lymphzellen, indem sie beim Hindurchströmen durch die Drüse einen Teil der locker im Reticulum gelegenen Zellen mit sich fort-

spez Ger. Blut 1055 Wasser 98%
Lymphe 1045

führt. (Den Verlust an Zellen ersetzt die Drüse alsbald durch Erzeugung neuer Drüsenzellen auf dem Wege der Teilung der vorhandenen Elemente).

Wenn die Lymphe in das Blut einfliesst, erleiden die Lymphzellen*) eine Veränderung und werden zu farblosen Blutkörperchen**), nur vereinzelt findet man noch Lymphzellen im Blute. Umgekehrt wandeln sich die farblosen Blutkörperchen beim Hindurchtritt durch die Wand der Blutcapillaren und beim Übergang in die Lymphe zu Lymphzellen um. Über die genaueren Vorgänge bei der Umwandlung der Lymphzellen zu farblosen Blutkörperchen und umgekehrt ist nichts bekannt.

Chemische Bestandteile der Lymphzellen (= farblose Blutkörperchen) siehe unter „Blut“.

Chemische Bestandteile des Lymphplasma sind:

Wasser ca. 98,7 %,
Fibrinogene Substanz 0,1 %,
Fibrinoplastische Substanz (= Paraglobulin = Serumglobulin = Serumcaseïn): 0,09 %,
Serumalbumin 0,14 %,
Fett, Cholestearin, Lecithin 0,03 %,
Extractivstoffe 0,12 %,
Salze 0,84 %,
Lymphplasma = Filtrat aus dem Blutplasma siehe unter „Blut“.

Das Lymphplasma enthält ebenso wie das Blutplasma die Fibringeneratoren (die fibrinogene und die fibrinoplastische Substanz) gerinnt an der Luft aber nur partiär (da im Verhältnis zur fibrinogenen Substanz zu wenig fibrinoplastische Substanz vorhanden ist), schneller und vollständiger nach Zusatz von fibrinoplastischer Substanz (oder von Blut selbst), indem sich fibrinogene und fibrinoplastische Substanz (beide sind flüssig) zu Fibrin vereinigen. Dieses letztere, zuerst auch noch flüssig, wird alsbald fest, fällt aus und reisst die Lymphkörperchen mit zu Boden.

---

*) Lymphzellen (Lymphocyten): Rund, mit einem grossen Kern und Kernkörperchen.

**) Farblose Blutkörperchen: Rund, mit mehreren (3—7) kleinen Kernen ohne Kernkörperchen.

Die farblosen Blutkörperchen sind meist etwas grösser als die Lymphzellen.

Fibrin + Lymphkörperchen = Lymphkuchen, weiche, gallertige, farblose oder auch leicht gelbliche Masse.

Der noch übrig gebliebene flüssige Teil des Lymphplasma = Lymphserum, steht über dem Lymphkuchen. Im Lymphplasma sind ebenso wie im Blutplasma Gase enthalten:

Sauerstoff 0,1% (Volumenprocent),
Stickstoff 1,2%.

In 1000 gr Lymphe (ca. 1 Liter) ist 1 gr Kohlensäure enthalten = 40—50% (Volumenprocent)

(1 Liter Wasserstoff = 0,09 gr.
Atomgewicht der Kohlensäure = 22,
1 Liter Kohlensäure = 22 . 0,09 gr = ca. 2 gr.
2 gr Kohlensäure = 1 Liter Kohlensäure,
1 gr „ = ½ „ „).

Von der in der Lymphe enthaltenen Kohlensäure ist etwa die Hälfte frei absorbiert, die andere durch Säuren austreibbar (siehe Blutgase).

Lymphmenge.

In 100 kg Körpergewicht sind enthalten ca. 3 kg Lymphe, ca. 3 kg Chylus.

Also 6 kg Lymphe + Chylus.

Die ganze Lymphe + Chylus, die in 24 Stunden ins Blut übertreten, = gesamte Blutmenge.

Die Lymphmenge hängt vom Druck innerhalb der Blutcapillaren ab; wird dieser Druck gesteigert, so wird die Menge der Lymphe vermehrt.

Chylus.

Chylus = Lymphe + Nahrungsbestandteile (Eiweisse, Fette, Kohlenhydrate, Salze).

Während die anderen Nahrungsbestandteile sämtlich in der Lymphe gelöst cursiren, erscheint allein das Fett nicht gelöst, sondern in Form gleichmässig verteilter Tröpfchen, die einen Durchmesser von 0,002—0,004 mm besitzen. Die in das Blut übergeführten Fetttröpfchen verschwinden innerhalb 30 Stunden.

Lymphe 98% Wasser
Chylus 90% Wasser

Chemische Bestandteile des Chylus (im Mittel):

Wasser 90%,
Eiweisse 6—7%,
Zucker 1—2%,
Fette, 0,9%,
Extractivstoffe 1,0%,
Salze 0,4%.

Indem der Chylus Lymphdrüsen durchströmt, bildet er im Gegensatz zur Lymphe durch die ihm von aussen her einverleibten Substanzen ein gleichsam fremdartiges Element und übt einen Reiz auf die Lymphdrüse aus, was sich in vermehrter Zellbildung innerhalb der Drüse äussert (Lymphzellen in Berührung mit diesen fremdartigen Substanzen, teilen sich; so neue Lymphzellen erzeugt). Daher werden auch dem Chylus alsdann während des Durchströmens mehr Zellen beigemischt, als der einfachen Lymphe. Wenn also Chylus sich ins Blut ergiesst (d. h. während der Verdauung; Verdauung = Digestio), so erhält das Blut mehr farblose Zellen als zu anderen Zeiten = digestive Leucocytose (Leucocytosis = Vermehrung der farblosen Blutkörperchen).

V. Haemodynamik

(= Blutbewegung, Circulation).

Blut, Lymphe = circulierende Säfte.

Das Blut fliesst auf seinem Wege vom Herzen durch Arterien, Capillaren, Venen zum Herzen zurück in elastischen vielfach verzweigten Röhren, deren Gesamtquerschnitt fortwährend wechselt.

Für das Blut als Flüssigkeit gelten 3 Sätze:

a) Flüssige Körper (Wasser, Blut etc.) besitzen ein festes Volumen*), aber keine feste Gestalt, sie nehmen die Gestalt des Gefässes an, in welchem sie sich befinden. Die Flüssigkeitsteilchen können sich gegeneinander vollkommen frei bewegen.

b) Flüssigkeiten unterliegen der Schwerkraft (= diejenige Kraft, welche die Körper zur Erde niederzieht) und

c) dem Gesetz der Trägheit

(= die Materie ändert den ihr einmal gegebenen Bewegungszustand aus sich selbst heraus niemals; äussere Ursachen = Kräfte ändern den Bewegungszustand der Materie).

Die Verzweigung der Blutgefässe.

1) Die Arterien (und Venen) teilen sich dichotomisch, d. h. stets in 2 unter spitzem Winkel zu einander abgehende Aeste.

---

*) Wird auf eine eingeschlossene Flüssigkeit ein Druck ausgeübt, so nähert derselbe alle Moleküle gleichmässig einander; die dadurch entstandene Volumensänderung = Compressibilität. Dieselbe ist für Wasser sehr gering: Durch den Druck einer Atmosphäre wird Wasser um 50 Milliontel seines Volumens zusammengedrückt.

2) Die Lumina zweier Tochterarterien (und Venen) zusammen sind grösser als das Lumen der Mutterarterie.

Ausnahme: Aorta abdominalis und die beiden Arteriae iliacae comm.

Daher wird der Gesamtquerschnitt vom Herzen zu den Capillaren fortwährend grösser, von den Capillaren zum Herzen hin fortwährend kleiner.

3) Auf eine Arterie kommen meist 2 Venen.

Bei Flüssigkeiten, die in Röhren strömen, ist zu beachten:

I) Die Geschwindigkeit

= die Strecke, welche ein Flüssigkeitsteilchen in 1 Sek. zurücklegt.

II) Die Widerstände

= diejenigen Dinge. welche sich der Fortbewegung der Flüssigkeit hindernd entgegenstellen und daher auf die Strömung verlangsamend wirken.

III) Der Druck.

Widerstände

sind gegeben durch

A) die Röhre

a) das Lumen.

Je enger die Röhre, desto mehr ist die Bewegung der Flüssigkeit erschwert.

b) die Beschaffenheit der Innenwand,

d. h. ob dieselbe rauh oder glatt ist. Eine rauhe Wand ist für die Strömung ungünstiger als eine glatte. Auch Krümmungen, Schlängelungen, Winkligkeit der Röhre bedingen ein Stromhindernis.

B) die Flüssigkeit

a) Beschaffenheit der Flüssigkeit selbst.*)

Je klebriger die Flüssigkeit (Zähigkeit = Viscosität), desto langsamer rückt sie vorwärts.

Blut fliesst z. B. 2—4 mal so langsam als Wasser.

b) Wirbelbildung.

Entstehen an irgend einer Stelle der Flüssigkeit Wirbel, so wird dadurch die Strömung erheblich gestört.

---

*) Adhaesion = Anziehung zwischen Flüssigkeit und Wand.
Cohäsion = Anziehung zwischen den einzelnen Teilchen der Flüssigkeit selbst.

Geschwindigkeit proportional dem Druckunterschied.
umgekehrt proportional den Widerständen,
umgekehrt proportional dem Querschnitt.

Alle Widerstände = Folge der Bewegung der Flüssigkeit. Je grösser die Widerstände, desto langsamer strömt die Flüssigkeit, d. h. desto geringer ist die Geschwindigkeit. (Geschwindigkeit also umgekehrt proportional den Widerständen.)

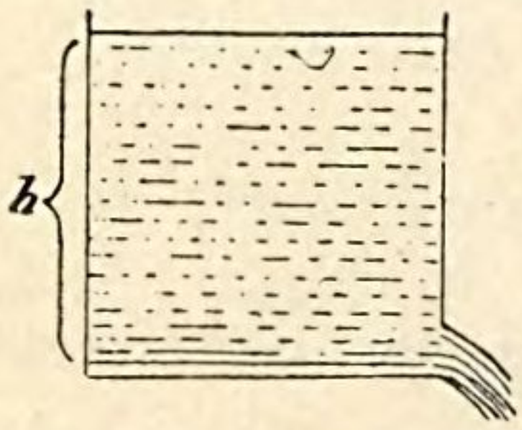
Druck.

Eine Flüssigkeit ist nur dann im Gleichgewicht, wenn die von verschiedenen Seiten her einwirkenden Kräfte sich das Gleichgewicht halten. Wäre der von einer Seite her einwirkende Druck grösser als an einer anderen Stelle, so würde die Flüssigkeit nach der Stelle des geringeren Druckes ausweichen (strömen). Folglich strömt eine Flüssigkeit, wenn Druckunterschiede vorhanden sind von Stellen höheren Druckes zu Stellen niedrigeren Druckes. Das Bestimmende für die Strömung ist also der Druckunterschied (wird häufig ungenau auch nur Druck genannt). Je grösser dieser Druckunterschied, desto grösser ist auch die Geschwindigkeit der Flüssigkeit (man sagt: die Geschwindigkeit ist dem Druck proportional). Umgekehrt: wo Strömung ist, da sind auch Druckunterschiede vorhanden.

Befindet sich in einem verschlossenen Gefäss Flüssigkeit im Gleichgewicht und wird nun von irgend einer Stelle her ein stärkerer Druck ausgeübt, dann breitet sich dieser Druck sofort ganz ungeändert durch die Flüssigkeit aus, so dass alsbald wieder überall auf der Flächeneinheit der gleiche Druck herrscht.

In einem bis zur Höhe h mit Flüssigkeit gefüllten Gefäss ist der auf dem Boden lastende Druck = dem Gewicht eines Flüssigkeitscylinders, dessen Querschnitt gleich der Grundfläche und dessen Höhe gleich h ist. Bohrt man die Wand an, so tritt eine dem Druckunterschied folgende Bewegung der Flüssigkeit ein. Die Flüssigkeitsteilchen treten mit einer Geschwindigkeit heraus, als ob sie vom Flüssigkeitsniveau bis zur Ausflussöffnung herabgefallen wären. (Fig. 14).

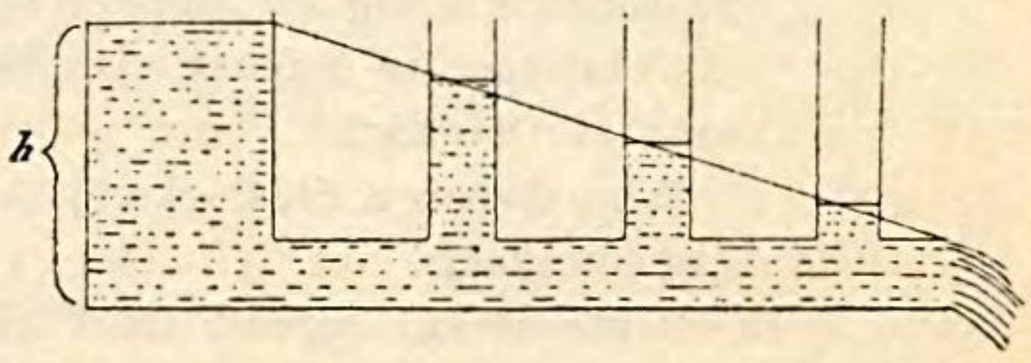
Fig. 14.



Es ist $v = \sqrt{2gh}$ (Fallgesetz).

Setzt man an das Gefäss (= sogenanntes Druckgefäss, dessen Niveau fortwährend auf gleiche Höhe erhalten wird) ein längeres Rohr an, durch welches die Flüssigkeit ausfliesst, so sind in dem Rohr zwischen je 2 benachbarten Punkten Druckunterschiede vorhanden, durch die eben die Strömung entsteht. Setzt man auf das Rohr behufs Messung des an verschiedenen Stellen herrschenden Druckes Standröhren (Manometerröhren) auf, so zeigt sich, dass in diesen das Wasser verschieden hoch steigt, am höchsten nahe dem Druckgefäss (= Anfangsdruck), am tiefsten nahe der Ausflussöffnung (= Enddruck). Der Druck sinkt innerhalb des Rohres continuierlich. (Fig. 15).

Fig. 15.



Ebenso ist es im **Blutgefässsystem:**

Herz = Druckgefäss, treibt das Blut fortwährend unter einem bestimmten Druck in das Gefässsystem hinein; Blutgefässe = Ausflussrohr. Das Blut strömt unter fortwährend abnehmendem Druck durch Arterien, Capillaren und Venen.

2 Möglichkeiten:

a) Wird die Ausflussöffnung vollständig verschlossen, so hört sofort infolge der gleichmässigen Fortpflanzung des Druckes innerhalb der Flüssigkeit jeder Druckunterschied auf; während vorher Anfangsdruck und Enddruck sehr erheblich differierten, wird jetzt Enddruck = Anfangsdruck; die Flüssigkeit steht still und steigt in den Standröhren ebenso hoch wie im Druckgefäss.

b) Wird die Ausflussöffnuug nur teilweise verschlossen (durch irgend ein vorgelegtes Hindernis = Widerstand), so wird der Enddruck zwar erhöht*), erreicht jedoch den Anfangsdruck nicht. Dadurch wird der Druckunterschied (Anfangsdruck — Enddruck) verringert, die Flüssigkeit strömt langsamer. Die Erhöhung der Widerstände erhöht also den (End-) Druck, vermindert die Geschwindigkeit. Ebenso wird bei Abnahme der Widerstände auch der Druck verringert, die Geschwindigkeit vermehrt.

Wechselt die Weite des Rohres, d. h strömt die Flüssigkeit von einem engen in ein weites Rohr oder umgekehrt, so werden Druck, Widerstände und Geschwindigkeit verändert.

α) Beim Einströmen von einem engen in ein weites Rohr enstehen Wirbel = Widerstand.

β) Das Verhältnis des Inhaltes zur Wandfläche wird verändert:

Man denke sich 2 Cylinder von der gleichen Höhe h; der Radius der Grundfläche des ersten sei r_1, des zweiten r_2; die Mantelfläche des ersten sei M_1, des zweiten M_2; der Inhalt des ersten sei I_1, des zweiten I_2. Dann ist

$$M_1 = 2\pi r_1 h \quad , \quad M_2 = 2\pi r_2 h$$

$$I_1 = \pi r_1^2 h \quad , \quad I_2 = \pi r_2^2 h$$

$$\text{folglich ist } \frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1}{r_2} \; ; \; \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Es sei z. B. $r_2 = 2r_1$.

$$\text{Dann ist } \frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{2} \; , \; \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{4}.$$

Während also die Mantelfläche des zweiten 2 mal so gross ist wie die des ersten, ist der Inhalt 4 mal so gross. Die Mantelflächen wachsen also im Verhältnis der einfachen Zahlen, die Inhalte im Verhältnis der Quadrate.

Mantelfläche = Innenfläche des Cylinders = Berührungsfläche zwischen Flüssigkeit und Gefässwand. Inhalt = Flüssigkeitsmasse.

Die Flüssigkeitsmasse wächst also bei grösseren Cylindern im Verhältnis mehr als die innere Oberfläche; oder umgekehrt die innere Oberfläche wird im Verhältnis zu der grösseren Flüssigkeitsmasse kleiner.

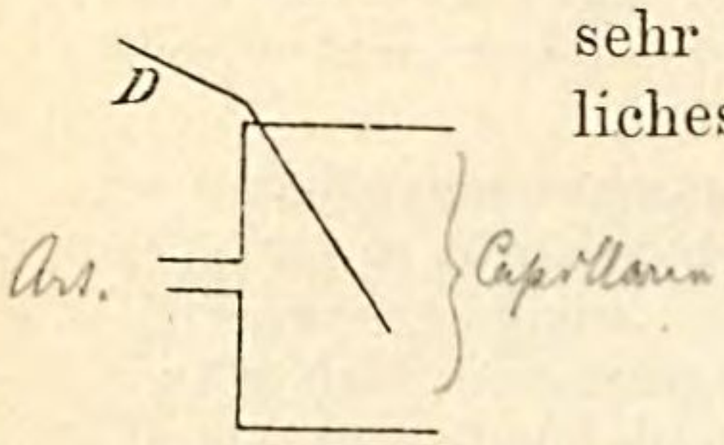
Die innere Oberfläche des Cylinders = Widerstand. Also werden die Widerstände in einem grösseren Cylinder im Verhältnis kleiner.

---

*) Die Flüssigkeit stösst mit bestimmtem Druck gegen das Hindernis; durch den Rückprall pflanzt sich der Druck, der sonst beim Ausfliessen ausgefallen wäre, wieder in die Flüssigkeit zurück.

Beim Einströmen der Flüssigkeit von einem engen in ein weites Rohr sind mit Berücksichtigung von α und β 2 Fälle möglich:

Fig. 16.



A) Der Uebergang geschieht von einem sehr engen in ein sehr weites Gefäss (menschliches Gefässsystem: Arterien-Capillaren).

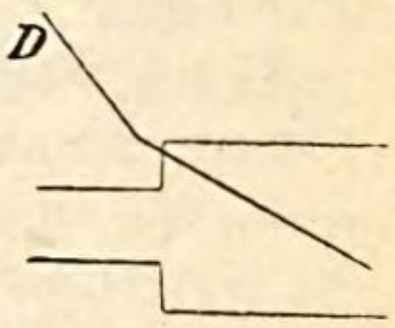
α) Die entstehenden Wirbel bewirken nur eine verhältnismässig geringe Erhöhung der Widerstände.

β) Durch die bedeutende Vergrösserung des Querschnittes werden die Widerstände um ein Bedeutendes verringert.

Folglich werden die Widerstände in toto verringert; daher fällt der Druck (D) beim Eintritt in die weite Stelle (in die Capillaren) bedeutend ab. (Fig. 16.)

B) Der Uebergang geschieht von einem engen in ein nur wenig weiteres Gefäss.

Fig. 17.



α) Die entstehenden Wirbel erzeugen eine verhältnismässig bedeutende Erhöhung der Widerstände.

β) Durch die nur unbedeutende Vergrösserung des Querschnittes werden die Widerstände nur um ein Weniges verringert.

Folglich nehmen die Widerstände in toto und auch der Druck (D) zu. (Fig. 17.)

Man muss wohl unterscheiden

a) die continuierliche Druckabnahme, welche vom Herzen durch Arterien, Capillaren und Venen zum Herzen hin (d. h. vom Druckgefäss bis zur Ausflussöffnung hin) stattfindet

b) die besondere Druckvermehrung (resp. Verminderung), welche an Stellen der Aenderung des Querschnittes auftritt.

Geschwindigkeit.

Erweitert sich das Gefäss, so breitet sich die Flüssigkeit auf ein grösseres Niveau aus; wenn also stets dieselbe Menge Flüssigkeit in derselben Zeit das enge Rohr durchströmt, muss die Flüssigkeit in dem weiten Rohr dementsprechend langsamer fliessen, d. h. die Geschwindigkeit ist (wenn

die Weite des Rohres wechselt) umgekehrt proportional dem Querschnitt. Für die Betrachtung der Geschwindigkeit in ungleich weiten Röhren ist dieser Grundsatz wesentlich bestimmend, natürlich hängt die Geschwindigkeit ausserdem von dem Druck und den Widerständen ab, nur dass diese nicht von solchem Einfluss sind wie die Querschnittsgrösse.

In sehr engen Capillaren gelten die eben entwickelten Grundsätze nur in beschränkter Weise, da in diesen die Adhaesion alle anderen Kräfte unwirksam macht.

Poiseuille fand für solche sehr engen Röhren: Die Geschwindigkeit ist proportional dem Druck und dem Querschnitt, umgekehrt proportional der Länge des Rohres.

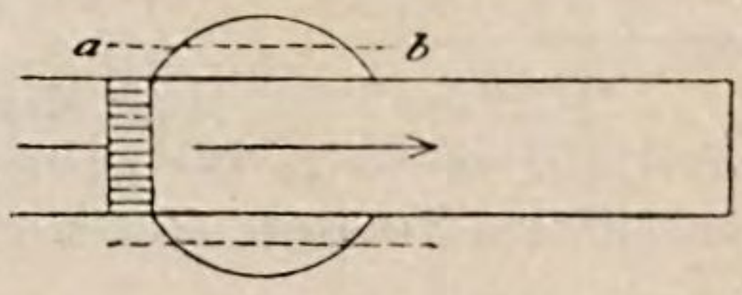
Elastische Röhren.

A) In einem offenen elastischen Rohr (z. B. in einem Gartenschlauch) findet ein ununterbrochener gleichmässiger Flüssigkeitsstrom (= Bewegung der Flüssigkeit in toto) statt = translatorische Bewegung der Flüssigkeit. Die Bewegung ist der in einem starren Rohr vollkommen analog.

B) Drückt man in ein mit Wasser gefülltes, geschlossenes elastisches Rohr mit einem Stempel hinein, so wird in dem dem Stempel zunächst gelegenen Raum die Flüssigkeit vermehrt, die elastische Wand ausgebuchtet. Aber diese, in dem Bestreben, sich alsbald wieder zusammenzuziehen, drückt auf die Flüssigkeitsteilchen, und diese weichen nach der dem Stempel entgegengesetzten Seite aus. Dadurch entsteht in dem zunächst gelegenen Teil des Rohres ein Flüssigkeitszuwachs; derselbe Vorgang wiederholt sich durch das ganze Rohr hindurch = Wellenbewegung (undulatorische, oscillatorische Bewegung). Dabei wird die Flüssigkeit in toto nicht bewegt. Die Flüssigkeitsteilchen beschreiben, während die Welle vorübergeht, eine kleine Kreisbahn und kehren nach Vorübergang der Welle an ihre ursprüngliche Stelle zurück.

Das (der Längsaxe des Schlauches parallele) Niveau der Wellenbewegung liegt nicht im ursprünglichen Niveau des Schlauches, auch nicht im Höhepunkt der stärksten Füllung der einzelnen Stellen, sondern in einer hypothetischen Linie (*ab*, Fig. 18) die dem Mittel zwischen höchster

Fig. 18.



und geringster Füllung entspricht. Ursprüngliches Niveau = Wellenthal. Stärkste Füllung = Wellenberg.

Treibt man den Stempel hinein, entsteht eine positive Welle, Bergwelle; zieht man ihn heraus, eine negative Welle, Thalwelle.

C) = A) + B): Eine Flüssigkeit befindet sich in einem elastischen Schlauche in Strömung. Ihr Quantum wird durch zeitweises Einpressen von Flüssigkeit vergrössert. Dadurch entsteht jedesmal eine Welle, die auf der strömenden Flüssigkeit entlang läuft, und an das Ende des Rohres gelangt, eine Beschleunigung der jeweiligen Ausflussgeschwindigkeit erzeugt.

D) Vergleich starrer und elastischer Röhren:

α) Treibt man in ein starres Rohr ein Quantum von Flüssigkeit hinein, so fliesst sofort am Ende ein gleich grosses Quantum heraus, das Ausfliessen selbst dauert so lange wie der Stoss; also die Pause zwischen 2 Ausflüssen = der Pause zwischen 2 Stössen. Das Ausströmen wird nur continuierlich, wenn das Einströmen continuierlich geschieht.

β) Treibt man in ein elastisches Rohr ein Quantum von Flüssigkeit hinein, so geschieht das Ausfliessen später und dauert etwas länger; man kann daher das Ausfliessen continuierlich gestalten, wenn man die Zeit zwischen 2 Stössen kurz genug nimmt. Die Zeit zwischen 2 Stössen muss geringer sein, als die Dauer des Ausflusses nach einem Stosse beträgt.

Das Blut ist in fortwährender Strömung vom Herzen durch die elastischen Arterien zu den Capillaren begriffen; dabei wird in regelmässigen Zwischenräumen ein Quantum Flüssigkeit vom Herzen (= Druckpumpe) in das Gefässsystem hineingepresst (= positive Welle). Die Pause zwischen 2 Stössen ist nun so kurz bemessen, dass am Ende des elastischen Rohres (d. h. am Uebergang der Arterien in die Capillaren) das Ausströmen continuierlich erfolgt.*) Zugleich übt das Herz, sobald es nach Entleerung seines Inhaltes sich wieder erweitert, eine

*) Eröffnet man aber das arterielle System an irgend einer Stelle seines Verlaufs, so fliesst das austretende Blut stossweise, während aus einer angeschnittenen Vene das Blut in gleichmässigem Strom hervorquillt.

ansaugende Wirkung auf das Körpervenen- und Lungenvenenblut aus (= Saugpumpe).

Webers Modell.

= Schema des Kreislaufs = Nachahmung des Kreislaufs. Das Herz wird dargestellt durch einen Gummiballon, Arterien, Venen durch elastische Schläuche, Capillargefässe durch einen Schwamm. Zugleich sind am Herzen entsprechende Klappenvorrichtungen angebracht. Das ganze Röhrensystem wird mit Wasser gefüllt, und durch periodisches Zusammendrücken des Gummiballons die Herzthätigkeit nachgeahmt.

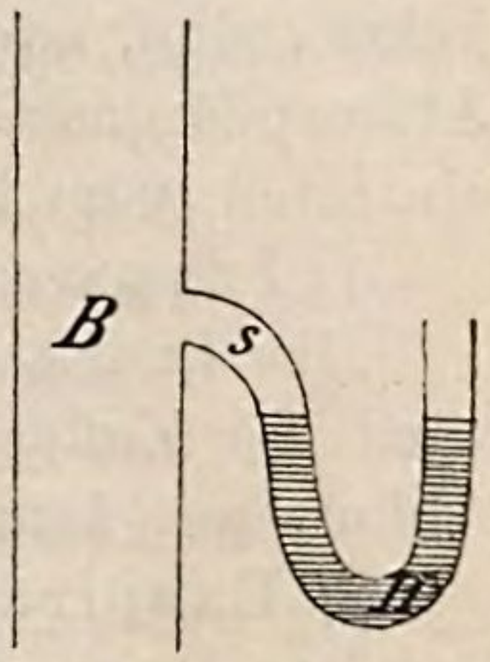
Blutdruck.

Schneidet man in ein Blutgefäss ein Loch, so spritzt das Blut mit einer gewissen Stärke aus der Oeffnung heraus; um das Blut zurückzuhalten, muss man ein bestimmtes Gewicht auflegen. Dieses Gewicht giebt das Mass für den Blutdruck der betreffenden Stelle.

Man bestimmt den Blutdruck durch Manometer:

1) Poiseuilles Hämatodynamometer = U-förmiges Quecksilber-Manometer, dessen einer Schenkel mit einem in das Blutgefäss eingesetzten T-Stück in Verbindung steht. (Fig. 19.)

Fig. 19.



2) Ludwig's Kymographion ist dem Vorigen gleich. In dem einen offenen Schenkel des Manometer befindet sich auf der Quecksilberkuppe ein Schwimmer, welcher die Bewegungen des Quecksilbers auf eine rotierende Trommel aufzeichnet.

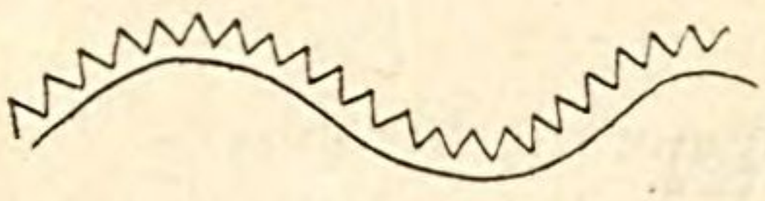
3) Ficks Federkymographion. Eine C-förmig gekrümmte Feder sucht, wenn das eine Ende nach innen gedrückt wird, mit dem andern nach aussen auszuweichen.

Diese Apparate (1—3) sind nur für grössere Gefässe brauchbar; den Blutdruck in den Capillaren bestimmt man in der Weise, dass man Glasplättchen auf die Haut auflegt und bis zum Blasswerden der Haut belastet.

Der Blutdruck beträgt in der

Aorta	+ 250 mm	Quecksilber
Art. pulmonalis	+ 100 „	„
Art. radialis	+ 150 „	„
Art. tibialis antica	+ 135 „	„
Capillaren	+ 40 „	„
Vv. anonymae	— 0,1 „	„

Fig. 20.



Die Blutdruckcurve (Fig 20.) weist grosse respiratorische und kleine pulsatorische Schwankungen auf.

Man betrachtet den

α) mittleren Druck = man nimmt aus den in den verschiedenen Gefässen desselben Individuums gefundenen Druckwerten das Mittel;

β) relativen Druck = Verhältnis des Drucks der verschiedenen Teile des Gefässsystems zu einander. Der Blutdruck ist im Anfang der Arterien ziemlich gross, sinkt von den Arterien durch die Capillaren zu den Venen hin fortwährend, so dass er in den letzteren schliesslich negativ wird. Ausserdem aber erleidet der Druck noch besondere Veränderungen beim Übergang der Arterien in die Capillaren und der Capillaren in die Venen (siehe vorher unter „Druck“).

γ) Die Schwankungen des Blutdrucks werden durch die Atembewegungen hervorgerufen. Die innerhalb des Thorax gelegenen Teile stehen unter dem im Thorax herrschenden Druck, die ausserhalb befindlichen unter Atmosphärendruck. Gefässe, die von aussen in den Thorax eintreten (oder umgekehrt), sind, soweit sie ausserhalb des Thorax verlaufen, dem Atmosphärendruck unterworfen, sobald sie in den Brustraum eintreten, vom intrathoracalen Druck abhängig.

1) Inspiration.

Der Druck im Thorax ist geringer als ausserhalb, daher wird der Zufluss zum Thorax (in den Venen) befördert, der Abfluss aus dem Thorax (Arterien) gehindert.

2) Exspiration.

Der Druck im Thorax ist grösser als ausserhalb, der Zufluss zum Thorax (in den Venen) wird gehindert, der Abfluss aus dem Thorax (in den Arterien) befördert.*)

---

*) Donders'scher Versuch: Apparat zur Demonstration des Einflusses der Atembewegungen auf den Blutstrom.

Glasflasche = Thorax (mit einem den Innendruck anzeigenden Manometer).

Gummimembran = Flaschenboden = Zwerchfell.

Elastische Blase = Lungen (mit nach aussen führender Röhre = Luftröhre).

Elastisches Röhrensystem, welches von aussen in die Flasche eintritt, in einen grösseren Behälter (= Herz) mündet und dann wieder an anderer Stelle hinaustritt (= Gefässsystem).

Da die Arterien dickwandiger als die Venen sind, unterliegen sie den Einflüssen des äusseren Druckes in geringerem Grade als die Venen.

Eine normale Art. carotis oder femoralis berstet bei 7—8 Atmosphären Druck oder bei künstlich 15 mal gesteigertem Innendruck.

Wenn auf die mit Klappen versehenen Venen der Extremitäten durch Muskelcontractionen ein Druck ausgeübt wird, ist das Blut gezwungen, nur in einer bestimmten Richtung (zum Herzen) zu fliessen.

Arbeit (Leistung) des Herzens.

Indem das Herz durch seine fortwährenden Contractionen dem Blute die Bewegung erteilt und in bestimmten Zwischenräumen ein gleiches Blutquantum in das Gefässsystem hineinwirft, leistet es eine Arbeit, die in Kilogrammetern ausgedrückt werden kann.

1 Kilogrammeter = Arbeit, welche erforderlich ist, um 1 Kilogramm auf die Höhe von 1 m zu heben.

Der linke Ventrikel wirft mit jeder Systole (also mit jedem Herzschlag) 0,188 kg Blut in die Aorta und überwindet dabei zugleich den in der Aorta herrschenden Druck.

Der Aortendruck = 3,21 m Blutsäule (= 250 mm Quecksilber). Also beträgt die vom linken Ventrikel durch einen Herzschlag (in 0,8 Sek.) geleistete Arbeit

= 0,188. 3,21 Kilogrammeter
= 0,6 Kilogrammeter.

Der rechte Ventrikel leistet etwa $^1/_3$ des linken
= 0,2 Kilogrammeter.

Folglich Arbeit beider Ventrikel in 0,8 Sek.
= 0,8 Kilogrammeter.

Also leisten beide Ventrikel in 1 Sek. 1 Kilogrammeter.

(1 Pferdekraft = 75 Kilogrammeter in 1 Sek.
also Herz = $^1/_{60}$—$^1/_{70}$ Pferdekraft.)

In 1 Minute (= 60 Sek.) leistet das Herz = 60 Kilogrammeter.
In 1 Stunde „ „ „ = 3600 „
In 24 Stunden „ „ „ = 86400 „

Ein Arbeiter leistet in 24 Stunden (mit Einrechnung der Ruhezeit, bei etwa 8stündiger Arbeit) = 250000 Kilogrammmeter = nur 3 mal so viel als das Herz.

Es ist 1 Kilogrammeter = 2,36 Calorieen (siehe Abschnitt X, Entstehung der tierischen Wärme).

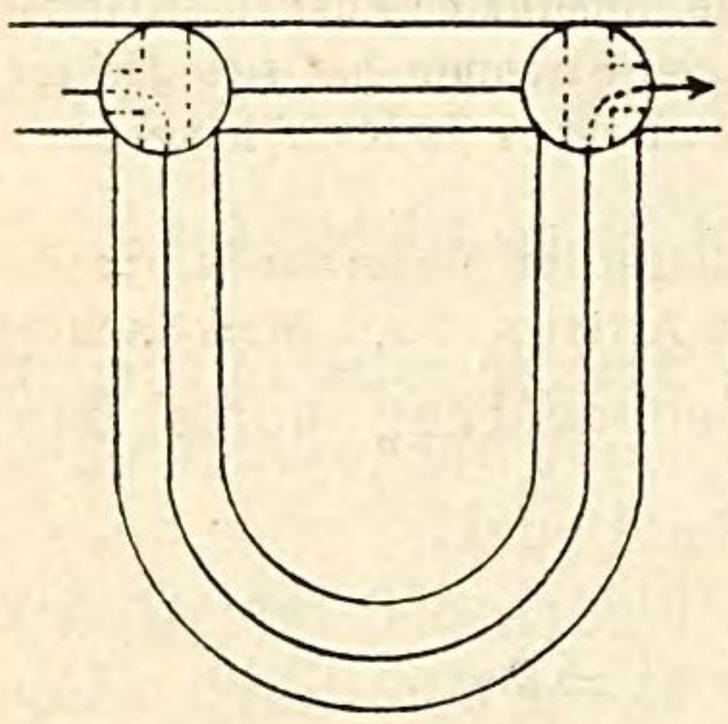
86 400 Kilogrammeter = ca 200 000 Calorieen
1 gr C zu CO_2 verbrannt liefert 8 080 Calorieen
25 gr C zu CO_2 „ „ ca 200 000 Calorieen.

Also leisten 25 gr Kohle in 24 Stunden verbrannt dasselbe wie das Herz.

Blutgeschwindigkeit.

= Wieviel Meter legt ein Blutkörperchen in 1 Sekunde zurück?

Fig. 21.



Die Bestimmung der Blutgeschwindigkeit geschieht in den grossen Gefässen durch besondere Apparate:*)

1) Volkmann's Haemodromometer. Fig. 21. = U-förmiges Rohr, wird in ein Blutgefäss eingefügt; je nach der Stellung der Hähne fliesst das Blut auf dem graden Wege oder es wird in die längere Bahn der Glasröhre abgelenkt. Aus der Länge der Röhre und der Zeit, welche das Blut gebraucht, um sie zu durchlaufen, wird die Geschwindigkeit bestimmt.

2) Vierordt's Haemotachometer. Fig. 22. = Metallkästchen, in dasselbe strömt das Blut auf der einen Seite hinein, auf der entgegengesetzten wieder hinaus und hebt dabei ein Pendel. Je schneller das Blut fliesst, desto stärker ist die Ablenkung. Das Kästchen wird vorher empirisch graduiert, indem man Wasser von bekannter Geschwindigkeit hindurchtreten lässt.

Fig. 22.

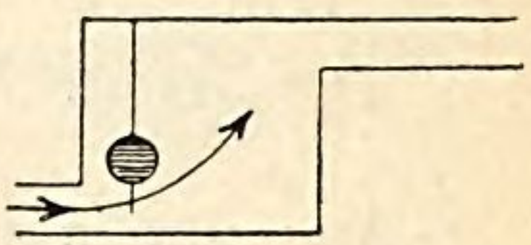
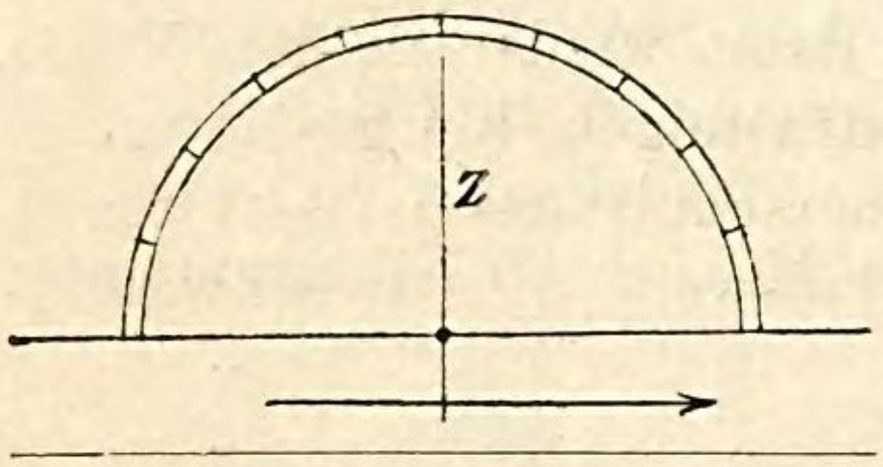


Fig. 23.

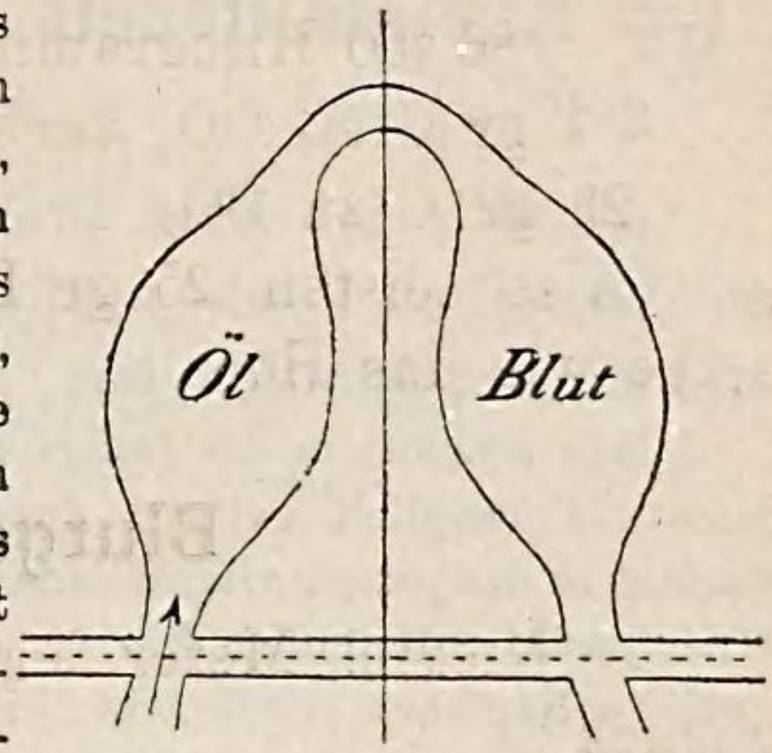


3) Chauveau-Sortet's Hamodromograph. Fig. 23. Durch die Wand des Blutgefässes reicht bis in die Mitte des Gefässlumens ein Stäbchen, welches durch den Blutstrom abgelenkt, den Grad der Ablenkung und die diesem entsprechende Blutgeschwindigkeit an einer Skala abzulesen gestattet.

*) Apparate, die zu irgend welchen Untersuchungen flüssigen Blutes gebraucht werden, müssen mit Lösungen verdünnter Alkalien befeuchtet werden, damit das Blut nicht während des Versuches gerinnt.

4) Ludwig's Stromuhr (Fig. 24) wird in ein Blutgefäss eingebunden. Das Blut treibt bei seinem Eintritt den Inhalt der beiden birnförmigen Gefässe vor sich her, sodass das Blut in das Gefässsystem eintritt, das Oel in das vorher mit Blut gefüllte Gefäss übergeht, während der vorher Oel enthaltende Behälter nun Blut aus dem Blutgefäss empfängt. Sobald das Oel in das Blutgefässsystem einzudringen droht, wird der ganze Apparat in der angegebenen Axe um 180° gedreht, und das Spiel beginnt von neuem. Man erfährt also, in welcher Zeit das Blutgefäss eine Blutmenge von bekanntem Inhalt geliefert hat, d. h. in welcher Zeit diese Blutmenge (von bekanntem Volumen) durch das Blutgefäss hindurchgeflossen ist. Die Stromuhr ermittelt also nicht nur die Blutgeschwindigkeit, sondern auch die Blutmenge, die innerhalb einer bestimmten Zeit durch das Gefässsystem hindurchgeht. Mittels der Stromuhr hat sich gezeigt, dass die Blutgeschwindigkeit und Blutmenge innerhalb eines Teiles abhängen:

Fig. 24.



a) von der Herzaction,

b) von der Grösse der in der Peripherie liegenden Widerstände (= Erweiterung resp. Verengerung der kleinen Arterien durch Muskelaction)

in den kleinen Gefässen durch Beobachtung unter dem Mikroskop*)

es ist $c = \frac{s}{t}$

c = Geschwindigkeit, s = Raum, t = Zeit.

s muss der Vergrösserung des Mikroskops entsprechend reducirt werden.

Die Blutgeschwindigkeit beträgt:

in der Aorta	360 mm	in 1 Sek.
Carotis	260 mm	„ „
Capillaren	0,5—0,8 mm	„ „
V. iugularis	225 mm	„ „

Die Blutgeschwindigkeit nimmt also von der Aorta zu den Capillaren hin bedeutend ab, um dann wieder in den Venen bis fast zur ersten Höhe wieder anzusteigen (Blutgeschwindigkeit umgekehrt proportional dem Querschnitt des Gefässsystems). In den Arterien wird durch jede Pulswelle eine Geschwindigkeitszunahme um $^1/_3$—$^1/_4$ bewirkt.

---

*) Man beobachtet den Capillarkreislauf am besten in der Zunge und im Mesenterium.

Dauer des Kreislaufs (= Kreislaufszeit = Umlaufszeit des Blutes).

2 Fragen:

α) Wieviel Zeit braucht ein Blutkörperchen, um wieder an denselben Punkt zurückzukehren, nachdem es den Kreislauf einmal durchlaufen hat?

Man injiciert in das centrale Ende der V. ingularis Ferrocyankalium. Die injicierte Flüssigkeit gelangt durch rechtes Herz, Lungen, linkes Herz, Aorta, Carotis in das peripherische Ende der V. ingularis. An der Peripherie eines um seinen Mittelpunkt rotierenden Kreises sind neben einander zahlreiche mit Eisenchlorid gefüllte Näpfchen angebracht; in diese hinein strömt das aus dem peripherischen Ende der V. ingularis abfliessende Blut. Sobald in diesem nun Ferrocyankalium enthalten ist, erhält man Blaufärbung des betreffenden Näpfchens (Ferrocyankalium + Eisenchlorid = Berliner Blau). Aus der Grösse und Umdrehungsgeschwindigkeit des Kreises berechnet man, nach wieviel Sekunden die Reaction auftrat.

Durchschnittliche Kreislaufszeit = 23 Sekunden (= 27 Herzschläge), d. h. nach 23 Sek. kehrt das Teilchen wieder an dieselbe Stelle zurück.

β) In welcher Zeit (T) geht die gesamte Blutmenge (M) einmal durch das Herz hindurch?

Das durch eine Systole (einen Herzschlag) aus dem Herzen entleerte Blut (m) = 0,188 kg.

Die gesamte Blutmenge (M) = 5 kg.

Die Dauer eines Herzschlages (t) = 0,8 Sek.

$T = x$.

Dann ist $\frac{x}{0{,}8} = \frac{M}{m} = \frac{5}{0{,}188}$

$x = 22$ Sek. = $^2/_5$ Minute.

Also geht die gesamte Blutmenge in 22 Sek. (ca. $^2/_5$ Minute) einmal durch das Herz (auch die Lungen) hindurch.

Pulswelle (= Blutwelle).

A) Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle.

Die Pulswelle (Fig. 25) erscheint an der Art. interossea dorsalis pedis prima (J) $^1/_6$—$^1/_7$ Sek. später als in der Art. maxill. ext. (A).*)

---

*) Art. maxillaris ext. = vorderer Ast der Carotis ext.
Art. interossea dorsalis pedis I = Art. intermetatarsea dorsalis I.

C = Herz.

a = AC + JC = 1620 mm.

AC = b = 150 mm.

c = a — b = 1620 — 150 mm.

Trägt man b_1 = b auf CJ ab, so ist

d = a — 2b.

d = 1620 — 2 · 150 mm = 1320 mm.

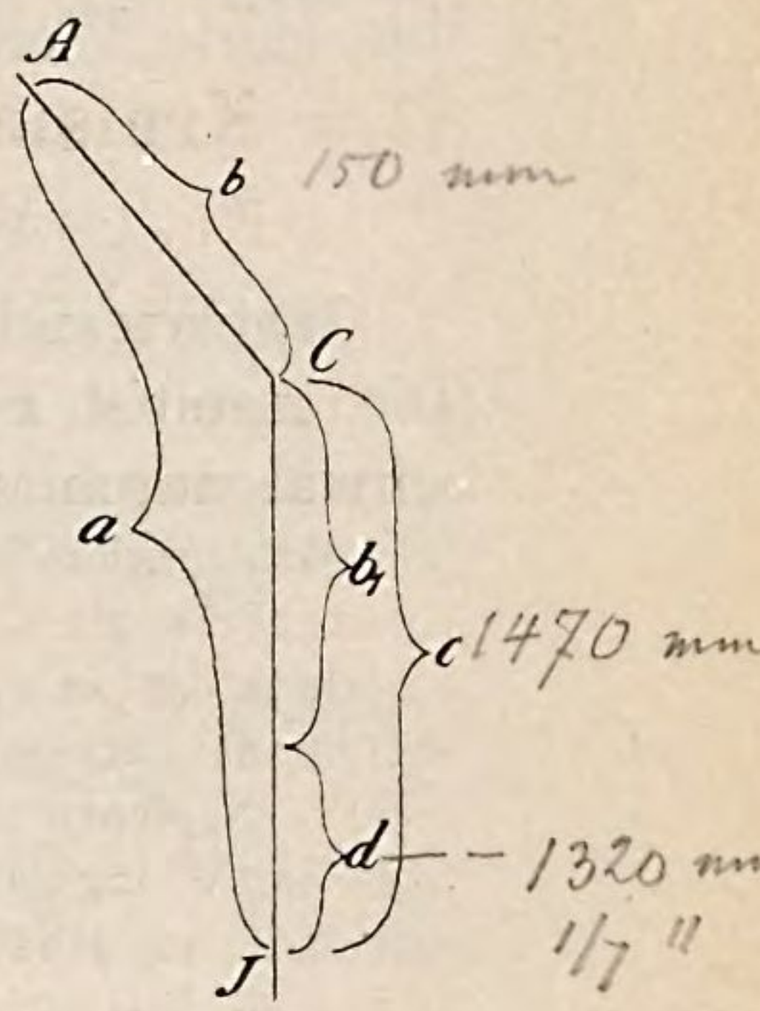


Fig. 25.

Die Strecke d wird von der Pulswelle in $^1/_6$—$^1/_7$ Sek. zurückgelegt.

Also beträgt die Geschwindigkeit der

$$\text{Pulswelle} = \frac{1320}{^1/_{6,5}} = 8-9 \text{ m}.$$

Die Pulswelle legt in 1 Sek. 8—9 m zurück.

Die Pulswelle wird durch die Systole des linken Ventrikels erzeugt, die Systole dauert ca. 0,4 Sek. In 0,4 Sek. legt die Pulswelle ca. 4 m zurück, ist also schon längst am Fuss, ehe die Systole zu Ende ist.

Die Pulswelle erlischt nach den Capillaren hin weil

I) der Querschnitt des arteriellen Systems sich fortwährend vergrössert,

II) an den winkligen Teilungsstellen Reflexion stattfindet,

III) die kleineren Arterien musculöser als die grösseren sind und daher auch mehr Widerstand bieten.

Daher ist die Strömung in den Capillaren eine vollständig gleichmässige.

Mitunter wird die Welle in den Capillaren bemerkbar = Capillarpuls.

Auch in den Venen kann mitunter die Pulswelle wahrgenommen werden = Venenpuls (Venenpulscurve = Phlebogramm).

Der Venenpuls

α) ist dadurch hervorgebracht, dass die Entleerung in das rechte Herz hinein ruckweise erfolgt und so eine Art Wellenbewegung vorgetäuscht wird.

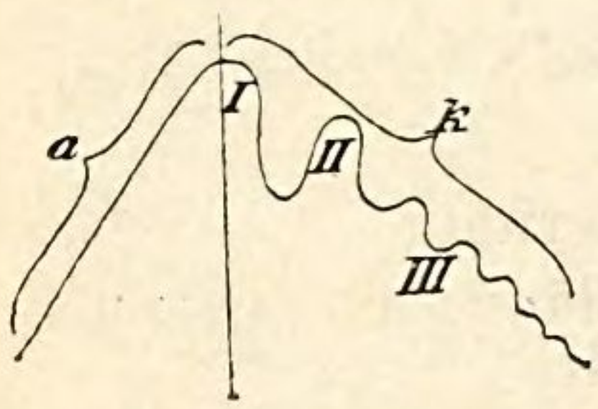
β) entsteht dadurch, dass das rechte Herz nicht genügend gegen das Venensystem abgeschlossen ist (Erkrankung der

Tricuspidalis) und die Contraction des rechten Ventrikels eine echte Welle in die Venen hineinwirft.

B) **Beschaffenheit der Pulswelle.**

Instrument zum Zeichnen der Pulswelle = Sphygmograph.*) (Die Arterie zeichnet mittelst einer Hebelvorrichtung ihre Schwingungen selbst auf eine Tafel auf).

Fig. 26.



Menschliche Pulscurve = Sphygmogramm, Arteriogramm (Fig. 26). Die menschliche Pulscurve zeigt einen aufsteigenden (a) und einen absteigenden (k) Schenkel; auf dem absteigenden Schenkel befinden sich, wenn man die Haupterhebung (= Gipfel) mitrechnet, im ganzen etwa drei Erhebungen.

Der menschliche Puls ist katatricrot oder auch katopolykrot (*κροτέω* schlagen; nach der Zahl der Erhebungen im absteigenden Schenkel)

I) Der Gipfel (Erhebung I) = Pulswelle selbst.

II) Erhebung II = sogenannte Rückstosselevation.

Wenn das Blut in die Aorta hineingeworfen ist, strömt es zurück gegen die nunmehr geschlossenen Aortenklappen; der Anprall an diese erzeugt wieder eine (kleinere) Welle, welche sich der Hauptwelle nachpflanzt = Rückstosselevation, hängt ab von der

α) Stärke der primären Welle (d. h. also von der Herzkraft),

β) Spannung innerhalb der Arterien.

III) Erhebung III: Die unter III verzeichneten kleinen Erhebungen = Elasticitätsschwingungen der durch die Pulswelle plötzlich ausgedehnten Arterie.

Man fühlt den Puls (d. h. die Pulswelle) zwar an allen grösseren Arterien, gewöhnlich aber an der Art. radialis, auf der Volarfläche des Vorderarms dicht oberhalb des Daumen-

---

*) Andere Apparate, welche zu diesem Zweck construiert wurden, sind:
Angiograph,
Gassphygmoskop.

ballens; dort liegt die Arterie nur wenig bedeckt dem Knochen (Radius) auf.

Man unterscheidet am Pulse:

I) Regularität.

Der normale Puls ist vollkommen regelmässig.

II) Frequenz.

= Zahl der Pulschläge in 1 Minute.

Bei gesunden Erwachsenen 60—80, bei Kindern 100, bei Neugeborenen 140.

Die Pulsfrequenz hat eine tägliche Periode mit dem Maximum nach der Hauptmahlzeit.

III) Ablaufszeit der Pulswelle, Celerität.

d. h. in welcher Zeit eine Welle abläuft, ob sich die Arterie schnell oder langsam erweitert.

IV) Grösse des Pulses.

= Höhe der einzelnen Pulswelle.

V) Völle des Pulses.

= mittlerer Füllungszustand der Arterie.

VI) Härte.

= Widerstand, welchen die Arterienwand bei ihrer Ausdehnung dem tastenden Finger entgegensetzt.

Sphygmomanometer: ein mit Wasser gefüllter Kautschucksack wird auf die Arterie soweit gedrückt, bis der Puls verschwindet. Der angewandte Druck wird an einem Zeiger-Manometer abgelesen.

Blutverteilung

(siehe Abschnitt III, Blutmenge) = Angabe des Blutgehaltes der einzelnen Teile des Körpers.

Die Verteilung des Blutes im Körper wechselt sehr nach der Thätigkeit der verschiedenen Organe. Je thätiger ein Organ, desto mehr Blut ist in ihm enthalten. Wenn ein Organ besonders thätig ist (d. h. besonders viel Blut enthält), ruhen die anderen:

z. B. während der Verdauung (= gesteigerte Thätigkeit des Magens und Darms) Ruhe der Muskulatur und des Gehirns,

umgekehrt während starker Muskelthätigkeit Ruhe der Verdauung.

Plethysmograph = Instrument zur Bestimmung der Schwankungen des Blutgehaltes einer Extremität.

Die Extremität wird in einen mit Wasser angefüllten Kasten gebracht: die mit der verschiedenen Blutfüllung wechselnden Volumenschwankungen übertragen sich durch das Wasser auf ein Manometer.

Bewegung der Lymphe

geschieht durch

I) den Ueberdruck in den Arterien (= vis a tergo).
II) Den negativen Druck in den Venen.
III) Die Atembewegungen, welche ähnlich wie auf das Blut auch auf die in den Thorax einströmende Lymphe wirken.
IV) Die Contraction der Darmwand resp. der Darmzotten, wodurch die in der Darmwand enthaltene Lymphe (resp. Chylus) in centripetaler Richtung entweichen muss.
V) Die Contraction der Extremitätenmuskulatur in Verbindung mit den Klappenvorrichtungen, die der verdrängten Flüssigkeit nur nach einer Richtung auszuweichen gestatten.
VI) Veränderung des Querschnitts:

Der Querschnitt des Lymphcapillarsystems ist sehr gross, der Lymphgefässe bedeutend kleiner; in den Lymphdrüsen findet jedesmal eine beträchtliche Vergrösserung des Querschnittes statt. (Die Geschwindigkeit verhält sich umgekehrt wie der Querschnitt.)

Foetalkreislauf.

Das Blut des intrauterin lebenden Kindes wird wie im späteren Leben durch das Herz getrieben. Jedoch erfolgt der Gasaustausch nicht in den Lungen zwischen Blut und Atmosphäre, sondern in der Placenta*) zwischen mütterlichem und kindlichem Blut. Die Lungen ruhen während des intrauterinen

---

*) Placenta = Mutterkuchen steht mit dem mütterlichen Blut durch die Vasa uterina, mit dem kindlichen durch die Nabelgefässe (Vasa umbilicalia) in Verbindung.

Lebens ganz. Das in den Venen sich sammelnde Blut, tritt entweder durch das noch offene For. ovale, oder durch den Duct. Botalli (= Verbindung zwischen Art. pulmonal. und Aorta) direkt in die Aorta über.

Im Einzelnen gestaltet sich der Kreislauf dann wie folgt:

V. umbilicalis (= späteres Lig. teres) — entw. Duct. venos. Arantii / oder V. portarum — Leber — V. hepat. — V. cav. inf.

Atrium dextrum — For. ovale — Atr. sinistr. — Ventricul. sin. — Aorta

entw. Carotis — V. cava sup. — Atr. dextrum — Ventricul. dext. — Art. pulmonal. — Duct. Botalli — Aorta.

oder Aorta thoracic. — Art. umbilicalis (= Ast der Art. hypogastrica später = Lig. vesicae laterale).

VI. Blutgefässdrüsen

sind drüsige Organe, über deren Function wenig bekannt ist. Sie haben Gefässe und Nerven, aber keinen Ausführungsgang.

A) Milz.

Das eigentliche Milzgewebe (Milzparenchym), die Milzpulpa*), besteht aus einem Reticulum (Netzwerk), in dessen sehr dichten Maschen Zellen, die sogenannten Pulpazellen (grosse rundliche Zellen mit grossem Kern und Kernkörperchen) liegen. Von der Milzkapsel aus erstrecken sich als Stützen dieses weichen reticulären Pulpagewebes bindegewebige Balken (Trabekel) in das Innere der Milz hinein. Die Arterien der Milz lösen sich, nachdem sie sich mehrmals dichotomisch geteilt haben, schliesslich in zahlreiche, in gleicher Richtung verlaufende Endäste auf (= Büschel zartester Reiserchen = Haare eines Pinsels = Penicilli. Penicillus = Pinsel); diese kleinsten Aeste gehen frei in das Milzgewebe über, so dass das Blut ohne besondere Wandungen (ohne Capillaren) zwischen den Elementen der Pulpa fliesst und sich dann in den Venen wieder sammelt. So stellt also die Milz eine Art Filtrierapparat für das Blut dar, einen Blutreinigungsapparat.

Verbunden mit dieser Function der Blutreinigung sind Processe des Unterganges und der Neubildung von roten Blutkörperchen; stets findet man in der Milzpulpa mehr oder weniger, meist körnigen Blutfarbstoff.

Die Blutgefässe der Milz sind begleitet von Lymphgefässen (Lymphscheiden), diese letzteren bilden vielfach an den Arterien in deren Verlauf rundliche, graue, durchscheinende Körperchen,

---

*) Pulpa = das Fleischige am tierischen Körper, das weiche Fleisch.

Follikel*), indem die Adventitia der betreffenden Arterie sich auffasert und der Follikel so gleichsam eine Einlagerung in die Adventitia darstellt. Die Follikel der Milz (= Malpighische Körperchen) sind ebenso gebaut wie die Follikel des Darms, der Lymphdrüsen (= Reticulum + in dessen Maschen Lymphzellen, sogenannte Follikelzellen). Durch diese Einrichtung der Lymphfollikel steht die Milz in Beziehung zum Lymphgefässsystem.

Das Reticulum der Follikel ist weitmaschiger als das der Pulpa, die Follikelzellen sind kleiner als die Pulpazellen. Da wo Follikel und Pulpa aneinander stossen, besteht keine scharfe Grenze zwischen beiden, sondern sie gehen allmählich in einander über, indem das weitmaschige Reticulum des Follikels an seiner Peripherie dichter wird und so der Uebergang zu dem engmaschigen Reticulum der Pulpa statthat.

Durch diesen engen Zusammenhang zwischen Milzfollikeln (= Lymphapparate) und Milzpulpa (= Bluträume) besteht in der Milz eine Beziehung zwischen Blutgefäss- und Lymphgefässsystem. Dem Milzvenenblut sind verhältnismässig viele farblose Blutkörperchen beigemischt (1 farbloses Blutkörperchen auf 100 rote Blutkörperchen).

Die Milz kann ohne direkten Nachteil für das Leben entfernt werden; sie nimmt häufig an den Erkrankungen des Blutes und der Lymphe teil.

Chemische Bestandteile der Milz (ausser den Bestandteilen des Blutes und der Lymphe):

Leucin, Tyrosin, Xanthin, Hypoxanthin, Glykogen, Inosit, Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure, Harnsäure; Eisen, Phosphorsäure, Chlor.

Reaction des Milzsaftes: alkalisch.

Spec. Gewicht der Milz: 1,06.

Gewicht der Milz cr. 200 gr.

Volumen der Milz ca. 200 cbctm.

Durch die anatomische Einrichtung erklärt sich, dass das Volumen der Milz Schwankungen unterworfen ist. Regelmässig

---

*) Folliculus = Schlauch, Blase.
Durchmesser der Follikel im Mittel 0,35 cm.

schwillt die Milz auf der Höhe der Verdauung an und verkleinert sich gegen Ende der Verdauung wieder.

Auch besitzt die Milz eine gewisse Contractilität, da in den Trabekeln glatte Muskelfasern verlaufen.

Nerven der Milz

= Gefässnerven, entstammen der Med. oblongata, gelangen durch das Rückenmark, Rr. communicantes, Sympathicus, N. splanchnicus sin, Ggl. coeliacum (semilunare) zur Milz.

B) **Schilddrüse, Glandula thyreoïdea.**

Die Schilddrüse ist umgeben von einer bindegewebigen Hülle, welche zahlreiche Septa in das Innere sendet und die Drüse in Lappen zerlegt. Jeder Lappen zerfällt wiederum in kleinere Abteilungen, Bläschen, Follikel genannt. Diese Bläschen, Follikel (Durchmesser etwa 1 mm) zeigen innerhalb ihrer Hülle ein Epithelium (= einfache Lage niedriger cylindrischer Zellen) und einen wasserklaren Inhalt, der auf Zusatz von Essigsäure oder Alkohol gerinnt.

Die Blutgefässe der Schilddrüse entstammen der Carotis ext. und Subclavia, die Nerven dem Sympathicus.

Specifisches Gewicht der Schilddrüse = 1,05—1,06.

Chemische Bestandteile:

Eiweiss, Leucin, Xanthin, Milchsäure, Bernsteinsäure, flüchtige Fettsäuren. Jod!

Vergrösserung der Schilddrüse = Kropf, Struma (struo anhäufen).

Die Schilddrüse steht in bestimmter Beziehung zum Gehirn. Sehr oft ist Kropf verbunden mit Störungen der geistigen Thätigkeit (Idiotie, Cretinismus). Nach Totalexstirpationen der Schilddrüse beim Menschen hat man bedeutende Störungen der geistigen Functionen beobachtet. Dass zwischen Schilddrüse und Nervensystem ein Zusammenhang besteht, offenbart sich ferner bei einer wesentlich nervösen Affection, dem Morbus Basedowii, als dessen Hauptsymptome Vergrösserung der Schilddrüse, gesteigerte Herzthätigkeit (durch Nerveneinfluss) und Glotzaugen (Exophthalmus = stärkeres Heraustreten des Auges aus der Augenhöhle) erscheinen.

C) **Thymus.**

Die Thymus, im Mediastinum anticum gelegen, ist beim Foetus stark entwickelt, hält sich bis zum 10.—15. Jahr, also etwa bis zur Pubertät, stationär und verschwindet dann allmählich vollständig. Sie ist wie eine Lymphdrüse gebaut, nur mit dem Unterschiede, dass die Follikel der Thymus etwas grösser als die Follikel der Lymphdrüsen sind. Die aus der Thymus abfliessende Lymphe ergiesst sich in die grösseren Lymphgefässstämme der Brusthöhle.

Hassalsche Körperchen

Spec. Gewicht der Thymus: 1,03.

Gewicht der Thymus (im Mittel): 20 gr.

Chemische Bestandtheile.

Wasser (77 %), Eiweiss, Zucker, Fett, Leucin, Xanthin, Hypoxanthin, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure, Bernsteinsäure; Natron, Kali, Calcium, Magnesium, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure.

Die Blutgefässe der Thymus gehören der Mammaria int., die Nerven dem Sympathicus an.

D) **Steissdrüse, Glandula coccygea**

2,5 mm lang, 2 mm dick, liegt unmittelbar vor der Steissbeinspitze, an das Periost des Steissbeins befestigt.

Steissdrüse = Gefässknäuel = Anhäufung von Gefässen, die teils sackförmig, teils spindelförmig erweitert sind. In dem zwischen den Gefässen liegenden Bindegewebe verlaufen markhaltige Nervenfasern.

Die Blutgefässe entstammen der Art. sacralis media, die Nerven dem Ganglion coccygeum (des Sympathicus).

E) **Carotisdrüse, Glandula carotica, Ggl. intercaroticum**

6 mm lang, 3 mm breit, 1–2 mm dick, liegt an der Teilungsstelle der Carotis comm, empfängt ihre Blutgefässe aus der Carotis, ihre Nerven aus dem Plex. intercaroticus (des Sympathicus).

Sie ist ebenso gebaut wie die Steissdrüse, enthält nur mehr Nervenfasern wie diese und sogar Ganglienzellen.

F) **Nebennieren** (Gl. suprarenalis).

Man unterscheidet an jeder Nebenniere von aussen nach innen 3 Schichten

a) Rindenschicht
b) Intermediärschicht
c) Markschicht.

Die Rindenschicht hat einen drüsigen, folliculären (die Follikel sind nicht rundlich, sondern länglich) Bau wie die Schilddrüse; die Intermediärschicht gleicht der Rindenschicht und ist von dieser nur durch ihre bräunliche Pigmentierung unterschieden.

Die Marksubstanz ist nicht folliculär, sondern zeigt die grösste Uebereinstimmung mit der Neuroglia, enthält aber ausserdem Nervenfasern und Ganglienzellen.

Die Gefässe der Nebenniere entstammen der Aorta (resp. V. cava inf.) und den Vasa renalia.

Die Nebenniere erhält sehr viel Nerven (vom Sympathicus, Vagus, N. phrenicus), welche sich hauptsächlich zur Markschicht wenden, so dass diese als eine Art nervösen Centralorgans erscheint.

Chemische Bestandteile:

Fette, Leucin, Hypoxanthin, Benzoësäure, Taurocholsäure, Inosit, Kali, Phosphorsäure.

Gewicht jeder Nebenniere ca. 5 gr.

Spec. Gewicht: 1,03—1,04.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

VII. Verdauung.

Die Nahrungsmittel, welche der Mensch aufnimmt, werden mechanisch zerkleinert*), unterliegen der Einwirkung 5 verschiedener Säfte (Speichel, Magensaft, Pankreatischer Saft, Galle, Darmsaft), durch welche sie umgewandelt und so vorbereitet werden, dass sie nun aus dem Darminnern durch die Darmwand hindurchgehen, in die Blut- und Lymphgefässe des Darms übergeführt, in den allgemeinen Kreislauf gelangen und zu den verschiedenen Organen des Körpers gebracht werden.

Diese Aufnahme der Stoffe aus dem Darmlumen in die circulierenden Säfte (Blut, Lymphe), diese Aufsaugung nach innen = Resorption (resorbeo = zurückschlürfen, einschlürfen).

Die Vorbereitungen (zum Zwecke der Resorption, d. h. die mechanische und chemische Bearbeitung) + Resorption = Verdauung. Man unterscheidet: Mundverdauung, Magenverdauung, Darmverdauung, je nach dem Orte, an welchem die Processe der Verdauung vor sich gehen. Die auf die Nährstoffe chemisch einwirkenden Säfte = Verdauungssäfte.

Was nicht im Darmkanal resorbiert wird, ist für den Körper unbrauchbar, wird als Kot, Faeces ausgeschieden.

Allgemeine Sätze.

I) Da sämtliche tierische Säfte und auch das im Verdauungscanal enthaltene Nahrungsgemisch wässrige, teils alkalische, teils neutrale, teils saure Lösungen darstellen, so ist es für die

*) digero = auseinanderbringen, (mit den Zähnen) zerkleinern, daher allgemein Digestio = Verdauung.

Indigestio (in-digestio) = Mangel an Verdauung, Verdaungsstörung.

Ingero = einführen; Ingesta = die in den Körper eingeführten Nahrungsstoffe, Speiseteile.

Resorption einer Substanz von der grössten Wichtigkeit, ob sie in Wasser löslich ist oder nicht. In Wasser gelöste Substanzen filtrieren durch die Darmwand hindurch, sind also verdaulich; in Wasser ungelöste Substanzen gehen nicht durch die Darmwand hindurch, sind unverdaulich. Eine besondere Stellung nimmt das Fett ein (siehe nachher „Pankreas").

II) Das wirksame Princip in den verschiedenen Verdauungssäften sind die sogenannten ungeformten Fermente (= Enzyme, siehe unter Blut). Jeder der Verdauungssäfte enthält ein oder mehrere Fermente*) Man teilt die in den Verdauungssäften vorhandenen Fermente ein in:

1) Amylolytische = Zuckerbildende = Diastatische Fermente, verwandeln die (in Wasser unlösliche) Stärke in den (löslichen) Traubenzucker.
   Speichel. Pankreassaft. Darmsaft.
2) Eiweisspaltende, wirken auf die Eiweisskörper.
   Magensaft. Pankreassaft. Darmsaft.
   Hierher gehört auch das Labferment (auch Lab genannt), hat die Eigenschaft, das Caseïn der Milch zur Gerinnung zu bringen (= Labgerinnung).
3) Fettspaltende, zerlegen Fett in Fettsäuren und Glycerin.

Da alle diese Fermente so wirken, dass die betreffende zu verändernde Substanz unter Aufnahme von Wasser gespalten wird, so bezeichnet man die Fermente auch als hydrolytische Fermente.

An mehreren Stellen findet sich innerhalb der Verdauungsdrüsen das Ferment selbst noch nicht vor, sondern nur eine Vorstufe desselben, das sogenannte Zymogen; erst bei Entleerung des Secrets entwickelt sich aus dem Zymogen das Enzym.

III) Alle Verdauungsdrüsen ergiessen ihr Secret nur dann in den Verdauungscanal, wenn es gebraucht wird. Der dazu

---

*) Darstellung der ungeformten Fermente:
Das Ferment enthaltende Gewebe wird zerkleinert, mit Alkohol übergossen. Nach 24 stündigem Aufenthalt im Alkohol werden die Gewebsstückchen aus demselben entfernt, getrocknet, mit Glycerin extrahiert. Im Glycerinextract ist das Ferment enthalten.

nötige Impuls erfolgt reflectorisch, sobald die Schleimhaut der betreffenden Stelle des Verdauungscanals von den Speiseteilen berührt wird.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt durch den Mund. Mittels der Zähne und der Lippen werden die Nahrungsmittel ergriffen (Ergreifen der Nahrungsmittel = Reprehensio); sind sie zu gross, so wird nur ein Teil von ihnen abgerissen. Die in den Mund aufgenommenen Stücke werden wiederholt zwischen die Zähne geschoben und durch diese zerkleinert = Kauen, Masticatio. Beim Kauen sind thätig Unterkiefer (trägt die Zähne), Zunge, Wange. Dabei treten folgende Muskeln in Function:

Unterkiefer

wird gehoben durch die Mm. Temporalis, Masseter, Pterygoidei } versorgt vom III. Ast des Trigeminus,

„ gesenkt (ausser durch die eigene Schwere) durch die Mm. Biventer, vorderer Bauch versorgt vom III. Ast des Trigeminus, hinterer Bauch vom N. facialis.
Mylohyoideus, III. Ast des Trigeminus.
Geniohyoideus, N. hypoglossus (dabei muss aber das Zungenbein durch die Mm. omohyoideus und Thyreohyoideus fixiert sein),

„ nach vorn gezogen durch die Mm. pterygoidei intt.,

„ nach hinten gezogen durch die Mm. pterygoidei extt.

Sämtliche genannten Muskeln können sowohl einseitig, wie doppelseitig in Action treten.

Der Unterkiefer bewegt sich

α) in der Sagittalebene = Beissbewegung,

β) in der Horizontalebene = Mahlbewegung.

Zunge (Bewegungsnerv: N. hypoglossus)

wird herausgestreckt durch M. genioglossus (siehe auch N. hypoglossus),

„ zurückgezogen durch Mm. styloglossus, hyoglossus,

„ niedergedrückt durch M. hyoglossus,

„ verkürzt und verbreitert durch M. longitudinalis linguae und M. hyoglossus.

„ verlängert und verschmälert durch M. transversus linguae,

Rinnenbildg: Transversus linguae
Wulstbildg: Longitudinalis linguae + Transvers. linguae

wird zum Gaumen erhoben

im vorderen Teil durch die oberen Fasern des M. longitudinalis,
im hinteren Teil durch die Mm. styloglossus, palatoglossus, stylohyoideus.
[Hebung des Zungenbeins hebt auch die Zunge],

„ in ihrer Mitte vertieft (= Bildung einer sagittalen Rinne auf dem Zungenrücken) durch M. transversus linguae.

Der Zungenrücken wird gewölbt durch Mm. transversus und longitudinalis linguae.

Die seitlichen Bewegungen der Zungenspitze werden hervorgebracht durch den M. longitudinalis einer Seite.

Wange

M. orbicularis oris (N. facialis): schliesst die Mundöffnung.
M. buccinator (N. facialis) drückt die Wange an die Zähne an, schiebt die Speiseteile zwischen die Zähne.

Während des Kauens mischt sich die Speise mit dem reichlich fliessenden Mundsafte = Einspeichelung, Insalivatio.

Die Aufnahme von Flüssigkeiten in den Mund erfolgt durch Saugen oder Schlürfen (= modificierte Inspirationsbewegungen) oder durch Eingiessen.

Speichel, Mundflüssigkeit, Saliva.

= Secret der Speicheldrüsen und der Schleimdrüsen des Mundes.

Die Speicheldrüsen (Gl. submaxillaris, sublingualis, Nuhnii, parotis) sind acinöse Drüsen. An den ruhenden Drüsen unterscheidet man:

1) Grosse Zellen, eigentliche Secretionszellen, Schleimzellen, liegen mehr im mittleren Teil des Acinus dem Ausführungsgang zunächst. Sie enthalten Schleim, sind daher glasartig hell, glänzend, stark lichtbrechend, färben sich mit Ausnahme des Kerns mit Carmin fast gar nicht.
2) Kleine Zellen, liegen an der Wand des Acinus zu halbmondförmigen Complexen angeordnet (= Gianuzzische Halbmonde), sind dicht gelagert, eckig, stark eiweisshaltig, granuliert dunkel, enthalten keinen Schleim, färben sich mit Carmin gut.

Während der Thätigkeit zerfallen die Schleimzellen, gehen zu Grunde. Durch Wucherung*) der Gianuzzischen Halbmonde wird der Defect gedeckt, es entstehen neue junge kleine granulierte Zellen, die dann später Schleim in sich bilden und anhäufen.

(Gianuzzische Halbmonde = junger Nachwuchs).

Die Speicheldrüsen erhalten ihre Nerven vom

α) N. sympathicus

β) N. facialis (Chorda tympani).

Reizung des N. sympathicus liefert ein dickflüssiges an Bestandteilen reiches Secret (Sympathicus-Speichel).

Reizung der Chorda tympani (N. facialis) liefert ein dünnflüssiges, an Bestandteilen armes Secret (= Chorda-Speichel = der gewöhnliche Speichel, auch cerebraler Speichel genannt).

Die Absonderung des Speichels erfolgt gewöhnlich auf reflectorischem Wege:

1) Centripetalleitende Nerven:
Geschmacks- und Geruchsnerven, sensible Nerven des Mundes, Vagusäste des Magens.

2) Reflexcentrum: Med. oblongata.

Auch das Grosshirn übt auf die Speichelsecretion Einfluss aus (Speichelfluss bei Vorstellung eines leckeren Mahles).

Beim Trinken fliesst kein Speichel.

Der Speichel ist eine klare, geschmacklose, geruchlose fadenziehende Flüssigkeit, spec. Gewicht 1,004—1,006, Reaction alkalisch. In 24 Stunden werden etwa 1000 gr Speichel abgesondert.

Chemische Bestandteile des Speichels:

Wasser, Mucin, Ptyalin, Rhodankalium, anorganische Salze (Chlornatrium, Chlorkalium, schwefelsaures Kalium, phosphorsaure Alkalien und Erden, phosphorsaures Eisenoxyd).

Die wirksame Substanz des Speichels = Ptyalin = diastatisches Ferment (τὸ πτύαλον der Speichel, Ptyalismus = Speichelfluss).

---

*) Wucherung = Proliferation (proles der Sprössling).

Wirkung des Speichels:

Der Speichel führt Stärke in Traubenzucker über, am besten bei 35°—39° C; als Zwischenprodukt entsteht Dextrin. Die in Wasser unlösliche Stärke geht also in den löslichen Traubenzucker über. Da unter den Kohlenhydraten der Nahrung die Stärke weitaus am reichlichsten vertreten ist, so wird durch den Speichel für die Resorption der Kohlenhydrate gesorgt.

Der Speichel durchfeuchtet die Speiseteile, macht sie schlüpfrig; ausserdem löst er bereits die in Wasser löslichen Substanzen.

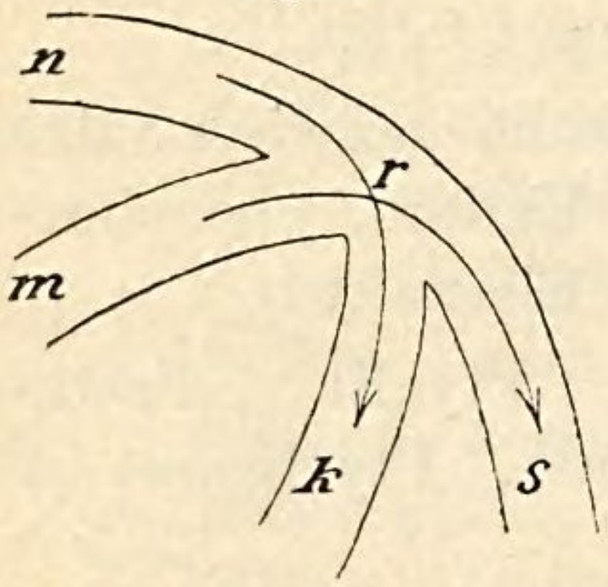
Sind die einzelnen Speiseteile genügend zerkleinert und eingespeichelt (= Bissenbildung; Bolus = der Bissen), so werden sie durch Rachen und Speiseröhre in den Magen befördert = hinuntergeschluckt. Da mit dem Bissen zugleich auch eine geringe Quantität Speichel mit hinunter geschafft wird, so setzt sich die begonnene Mundverdauung noch im Magen fort, bis schliesslich unter normalen Verhältnissen gar keine Stärke mehr vorhanden ist.

Schlingakt, Deglutitio.

Die Mundöffnung wird geschlossen, die Kiefer gegen einander gepresst, die Zunge bildet eine sagittale Rinne, in welcher der Bissen hinabgleitet; dabei legen sich die Zungenränder an den harten Gaumen an, die Zungenspitze wird gehoben. Bis zum Isthmus faucium ist der Schlingakt der Willkür unterworfen. Vom Isthmus faucium an abwärts sind alle Vorgänge innerhalb des Verdauungscanals reflectorische, dem Willen nicht unterworfen und auch für unser Gefühl nicht wahrnehmbar.

Reflex des Schlingaktes:

Fig. 27



n Nase, *r* Rachen, *s* Speiseröhre, *m* Mund, *k* Kehlkopf.

1) Schleimhaut des Rachens vom Bissen berührt.
2) Sensible Bahn: R. lingualis vom N. glossopharyngeus, Rachenäste des N. vagus.
3) Centralorgan: Med. oblongata.
4) Motorische Bahn: Rr. pharyngobasilares und Rr. pharyngei vom N. glossopharyngeus.
5) Schlingmuskulatur (Mm. constrictores) in Thätigkeit versetzt.

Erste Atmungswege:
Nase, Rachen, Kehlkopf.
Erste Verdauungswege:
Mund, Rachen, Speiseröhre. (Fig. 27.)

Also im Rachen Kreuzung der ersten Atmungs- und Verdaungswege. Wenn Luft in den Verdauungstractus (z. B. in die Speiseröhre) eintritt, besteht keine Gefahr; geraten dagegen Speiseteile in die Respirationswege, so werden dieselben verstopft, und es kann eventuell Erstickung eintreten. Die sich bietenden falschen Passagen werden durch Muskelaction geschlossen:

a) Rachen- Nasenverschluss.
Die beiden Arcus palatopharyngei und palatoglossi nähern sich der Mittellinie, Uvula wird gehoben, die hintere Pharynxwand wulstet sich vor, so dass die Arcus, die Uvula und die sich vorwölbende hintere Pharynxwand zusammenliegen und den Rachen gegen die Nase abschliessen.

b) Rachen-Kehlkopfverschluss.
1) Die ganze Glottis wird geschlossen (siehe „Stimme und Sprache“).
2) Die Epiglottis legt sich auf den Kehlkopfeingang.
3) Der Kehlkopf wird nach vorn und oben unter die Zungenwurzel gezogen (Mm. geniohyoideus, digastricus, mylohyoideus, thyreohyoideus).

So wird der vollständige Verschluss hergestellt, gelangen trotzdem Bissen in die respiratorischen Wege (= Verschlucken), so stellt sich Husten (Reflexact) ein:

1) Schleimhaut der Trachea, des Larynx, der Bronchien berührt.
2) Sensible Bahn: N. laryng. sup.
3) Centralorgan: Medulla oblongata.
4) Motorische Bahn: N. laryng. inf. + Nerven der Exspirationsmuskeln.
5) Exspirationsmuskeln.

Nach einer tiefen Inspiration wird die Stimmritze geschlossen, dann durch kräftige Contraction der Exspirations-

muskeln gesprengt und der betreffende Fremdkörper hinausgeschleudert.

Der **Oesophagus** liegt, wenn er leer ist, in Falten. Er verläuft durch den muskulösen Schlitz des Zwerchfells. Contrahiert sich während der Inspiration das Zwerchfell, so wird zugleich der Schlitz verschlossen und so verhindert, dass der Bauchinhalt (Mageninhalt) durch das niedersteigende Zwerchfell comprimiert, in den Oesophagus tritt.

Die Fortbewegung der Speiseteile innerhalb des Darmrohres geschieht durch die **Peristaltik:**

An einer Stelle des Darms erfolgt eine ringförmige Zusammenziehung; während sich diese bald wieder löst, zieht sich der zunächst liegende Darmteil zusammen, und dieses zweite Stück wird dann ebenfalls wieder von einem dritten abgelöst u. s. f. Es verläuft also eine Contractionswelle das Rohr entlang und bewegt den Inhalt des Rohres vorwärts.

Verläuft die Contractionswelle analwärts = Peristaltik,
verläuft sie in umgekehrter Richtung = Antiperistaltik.

Gelangen Flüssigkeiten oder Speiseteile in den Anfangsteil des Oesophagus, so werden sie zunächst nicht peristaltisch weiter befördert, sondern sie werden niedergespritzt, d. h. in etwas gewaltsamer Weise durch den Oesophagus hindurchgeschleudert. Nur der Rest der Speisen, der dabei zurückgeblieben ist, gelangt durch einfache Peristaltik hinab, nachdem dieser gleichsam explosive Akt des Niederspritzens vorangegangen ist.

Das Niederspritzen wird besorgt durch Mm. mylolyoideus und constrictores pharyngis.

Vom Oesophagus gelangen die Speisen durch die Cardia in den Magen.

Magensaft

= Secret der Magendrüsen (auch Labdrüsen, Pepsindrüsen genannt).

Man unterscheidet an diesen Drüsen 2 Arten von Zellen:

a) Hauptzellen (adelomorphe Zellen) liegen dem Drüsenlumen zunächst, haben cylindrische Gestalt, sind dicht an einander gelagert und daher in ihrer Einzelform undeutlich ausgeprägt.

Pylorusdrüsen haben nur Hauptzellen.
Pepsin wird von Hauptzellen gebildet.

b) Belegzellen (delomorphe Zellen) liegen der Drüsenwand an, haben eine rundliche Gestalt und liegen vereinzelt, treten daher in ihrer Einzelform sehr deutlich hervor. Salzsäure

Belegzellen = jugendliche Form der Hauptzellen, wandeln sich allmählich in diese um.

Man gewinnt den Magensaft vermittelst einer Magenfistel. (Fistel, von fistula, die Röhre = abnormer Canal. Magenfistel : der Magen ist mit der Bauchwand verwachsen; an der Stelle der Verwachsung führt ein Canal von aussen durch die Bauchwand hindurch direkt in den Magen). Die Magenschleimhaut ist gewöhnlich blassgrau; wenn sie secerniert, rosenrot.

Der Magensaft ist eine klare farblose Flüssigkeit, schmeckt sauer, reagiert stark sauer; spec. Gewicht: 1,0023. In 1 Stunde werden ca. 500 gr Magensaft secerniert.

Chemische Bestandteile:

1) Pepsin = wirksames Ferment, wirkt auf die Eiweisskörper. Rein dargestellt = weisse amorphe Substanz, löst sich in Wasser. Das Pepsin wird von den Hauptzellen gebildet.

2) Salzsäure 0,2—0,3 $^0/_{00}$ wird von den Belegzellen gebildet.

Durch Salzsäure wird

Methylviolettlösung: blau,
Tropaeolinlösung: lila.

3) Labferment.

4) Schleim.

5) Anorganische Salze.

Chloride (Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium).

Die freie Salzsäure des Magensaftes entsteht aus Chloriden. Da das die Magenschleimhaut durchströmende Blut alkalisch reagiert, so wirkt es neutralisierend auf die Magensäure. Die saure Reaction erstreckt sich demnach nur in eine ganz geringe Tiefe der Magenschleimhaut hinein.

Wirkung des Magensaftes:

Der Magensaft, d. h. Pepsin + Salzsäure, wirkt auf die Eiweisse, verwandelt sie in Peptone.

(Peptone = Eiweisse + H_2O = hydratisierte Albumine).

$2\,NaCl + H_2CO_3 = 2\,HCl + Na_2CO_3$

Als Zwischenstufe zwischen Eiweiss und Pepton tritt Propepton (= Hemialbumose) auf.

Sowohl diejenigen Eiweisskörper, welche in gelöster Form in den Magen eingeführt werden (rohes Fleisch, rohe Eier), als auch diejenigen, welche in coagulierter Form eintreten (harte Eier, gekochtes Fleisch) werden in Peptone übergeführt, peptonisiert, aufgelöst (diese Wirkung der Auflösung des Eiweisses daher auch = peptische Wirkung).

Die Peptone sind in Wasser leicht löslich (im Gegensatz zu den Eiweissen) und filtrieren daher auch sehr leicht durch Membranen (während Eiweisse nur sehr schwer durch solche hindurchtreten).*)

Peptone + Natronlauge + Kupfersulfat = purpurrot (= Biuret-Probe).

Nach ihrem Hindurchtritt durch die Wand und ihrer Aufnahme in die Blutbahn werden die Peptone wieder in Eiweisse zurückverwandelt.

Also Peptonbildung nur = Mittel, um Eiweisse durch die filtrierende Membran (Darmwand) hindurchzubringen.

In ähnlicher Weise wie Eiweiss werden auch die Leimstoffe durch den Magensaft in Leimpepton übergeführt.

Das im Magensaft enthaltene Labferment coaguliert das Caseïn der Milch. Gelangt also Milch in den Magen, so wird zunächst das Casein coaguliert, um alsbald wieder durch Pepsin und Salzsäure aufgelöst zu werden.

Auf Fette und Kohlenhydrate wirkt der Magensaft selbst nicht ein. Aber infolge der bereits im Magen eintretenden Gährungsvorgänge werden sowohl Fette (aber nur in kleinen Mengen) zerlegt, als auch der Traubenzucker in Milchsäure-

---

*) Man bestimmt die Diffusionsfähigkeit verschiedener Stoffe nach ihrem Verhältnis zu Wasser. Auf die eine Seite der Membran bringt man Wasser (H_2O), auf die andere Seite die zu untersuchende Subztanz (S) und giebt an, wieviel Gramm-Wasser gegen 1 gr der Substanz ausgetauscht worden sind = endosmotisches Aequivalent. $\left(\frac{H_2O}{S}\right)$

Da Eiweisse (E) fast gar nicht hindurchgehen, so ist für dieselbe $\frac{H_2O}{\varepsilon}$ unendlich gross; Peptone (P) filtrieren leicht, für sie $\frac{H_2O}{P}$ bedeutend kleiner.

gährung versetzt, so dass kurz nach der Mahlzeit, da die secernierte Salzsäure zur Verdauung verbraucht wird, meist nur Milchsäure im Magen zu finden ist.

Durch die Gährungsvorgänge kommt es auch zur Gasbildung im Magen (Kohlensäure, Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff).

Die Frage, warum der Magen sich nicht selbst verdaut, kann dahin beantwortet werden, dass

1) das Alkali des Blutes die Säure neutralisiert,
2) der Magen nur Magensaft absondert, wenn er Speisen enthält,
3) das Epithel eine grosse Widerstandsfähigkeit besitzt.

Die Bewegungen des menschlichen Magens sind peristaltische.

Erbrechen = Herausbeförderung fester oder flüssiger Substanzen aus dem Magen durch Oesophagus, Rachen und Mund nach aussen.

Durch eine tiefe Inquirationsbewegung bei geschlossener Glottis wird der Druck in der Brusthöhle um ein Bedeutendes vermindert, dadurch die Speiseröhre in den Brustraum hineingezogen, gehoben und erweitert und die Cardia geöffnet. Zugleich tritt die Bauchpresse*) (= Zwerchfell + Bauchmuskeln) in Action, der Bauchraum gerät unter einen sehr verstärkten Druck, der Mageninhalt wird durch die widerstandslose Speiseröhre hinaufgeschleudert.

Nach einer gewissen Zeit (bis zu 4 Stunden) tritt der Mageninhalt ins Duodenum über. Da im Magen die Eiweisse gelöst werden, so findet im Magen eine breiartige Verflüssigung der Speisen statt = Chymification; der ins Duodeum übergetretene Speisebrei = Chymus.**) Derselbe hat zunächst saure Reaction; bald aber führen die Alkalien des Bauchspeichels, der Galle, des Darmsaftes neutrale und schliesslich alkalische Reaction herbei.

---

*) Bauchpresse = Prelum abdominale.

Bei der Atmung sind Zwerchfell (wirkt bei der Inspiration) und Bauchmuskeln (wirken bei der Exspiration) Antagonisten; bei der Bauchpresse sind sie zusammen thätig (= Synergisten), um aus der Bauchhöhle gewisse Dinge (Kot, Harn etc.) herauszubefördern.

**) χυμός = Speisebrei.

Pankreassaft dickflüssig (= Sympathicus-Speichel)

Pankreassaft (= Bauchspeichel)

= Secret der acinösen Bauchspeicheldrüse, ist dickflüssig, durchsichtig, geruchlos, farblos, schmeckt salzig, reagiert alkalisch (durch Natriumcarbonat).

Bestandteile:

Pankreas-Ptyalin; Pancreatin (= Trypsin); Fettferment; anorganische Salze.

Wirkung des pankreatischen Saftes:

1) Pankreas-Ptyalin (Pankreas-Diastase) wirkt = Ptyalin des Mundspeichels.
2) Pancreatin (= Trypsin) wirkt = Magensaft. Die Eiweisse werden durch dies Ferment in Peptone übergeführt, bei weiterer Einwirkung gespalten in Amidoprodukte (Leucin, Tyrosin, Hypoxanthin, Asparaginsäure etc.), aromatische Körper (Indol, Skatol, Phenol) und Gase (H, CO_2, H_2S, CH_4, N).
3) Fettferment macht Fette ranzig, d. h. spaltet sie in Fettsäuren und Glycerin.

Fettverdauung

(siehe auch unter „chemische Bestandteile“).

Fette sind zwar in Wasser unlöslich, lassen sich aber in Form feinster Tröpfchen gleichmässig darin verteilen.

Emulsion = wässrige Flüssigkeit, in der ein Fett in Form feinster Tröpfchen gleichmässig verteilt ist. Milch = Emulsion [emulgeo abmelken; Emulsio = Abgemolkenes = Milch, auch = milchartige Flüssigkeiten].

Ein ranziges Fett (= Fett + Fettsäure + Glycerin) in (wässriger) alkalischer Lösung emulsiert sich selbst, d. h. verteilt sich selbst in Form feinster Tröpfchen in der Flüssigkeit (= active Emulsion).*)

Der pankreatische Saft macht Fette ranzig, das Alkali wird vom pankreatischen Saft, von der Galle, vom Darmsaft geliefert; so sind die Bedingungen zur Emulsion gegeben.

Im Dünndarm wird also das Fett in einen solchen emulsiven Zustand übergeführt. Diese feinsten Fettröpfchen treten

---

*) Im Gegensatz dazu steht die künstlich hergestellte passive Emulsion.

dann in die den Zotten aufsitzenden Cylinderzellen ein, wandern durch diese hindurch in die mit ihnen direkt zusammenhängenden Bindegewebskörperchen im Innern der Zotte. Die Bindegewebskörperchen stehen in Verbindung mit dem centralen Chylusgefäss, in welches das Fett nun übertritt. So wird das in wässriger Lösung fein verteilte Fett aus dem Darmcanal in die Lymphgefässe (= Chylusgefässe) übergeführt, d. h. resorbiert Es hat sich gezeigt, dass gerade ein mit Galle befeuchtetes Filter Fett besonders leicht hindurchlässt.

Die im Darm zurückgebliebenen Teile: Fettsäuren, Alkali, Glycerin verhalten sich so, dass die Fettsäure mit dem Alkali sich zu der leicht löslichen Seife verbindet und diese sowohl wie das Glycerin durch die Darmwand hindurchtreten.

Galle

wird geliefert von der Leber.

Bestandteile der Leber:

Albuminate.
Glycogen.
Fette
Anorgan. Salze (hauptsächlich Kalium, Eisen, Phosphorsäure).

Die Leber wandelt einen Teil des ihr mit der Pfortader zugeführten (aus dem Darmcanal resorbierten) Zuckers in Glycogen um und speichert dasselbe in sich auf; andrerseits bildet sie aus Glycogen wieder Zucker und giebt ihn an das Blut (V. hepatica) für die allgemeinen Zwecke der Lebensvorgänge zurück. Die Leber vereinigt also Bildung und Rückbildung des Glycogens in sich und steht infolge dieser zuckerbildenden Eigenschaft in Beziehung zum Diabetes (= Zuckerharnruhr siehe a. a O.).*)

Das Lebervenenblut enthält etwa 1‰ Traubenzucker, der im weiteren Verlauf zu CO_2 und H_2O verbrannt wird.

Bei erheblichen Circulationsstörungen in der Leber wird mehr Glycogen in Zucker umgewandelt, mehr Zucker dem ab-

---

*) Die Leber kann auch aus den Eiweissen und Fetten der Nahrung Glycogen bilden. —

fliessenden Blute beigemengt. Uebersteigt der Procentgehalt des Blutes 3‰, so erscheint der Traubenzucker auch im Urin in deutlich wahrnehmbarer Menge. Nach dem Tode entsteht in der Leber durch Zersetzungsprocesse eine teilweise Umwandlung des vorher vorhandenen Glycogens in Zucker; eine ganz frisch entnommene Leber enthält keinen Traubenzucker.

Eine vermehrte Zuckerbildung entsteht auch durch Verletzung des IV. Gehirnventrikels (= Zuckerstich, Piquûre; piquer = stechen); dort liegt das Centrum der Gefässnerven der Leber. Eine Verletzung der von diesem Centrum zur Leber ziehenden Leitungsbahnen kann ebenfalls Zuckerharnruhr hervorrufen.

Galle*)

ist eine gelb-braungrüne Flüssigkeit, schmeckt bitter, riecht moschusähnlich, reagiert alkalisch, spec. Gewicht 1,026—1,032. In 24 Stunden werden ca. 500 gr Galle abgesondert. Die Galle sammelt sich in der Gallenblase und fliesst nur während der Verdauung in den Darm ab. Die Galle wird unter einem sehr geringen Druck secerniert und unterliegt daher sehr leicht Stauungen.

Bestandteile der Galle. *Serie Fermente*

A) **Unwesentliche Bestandteile** d. h. solche Stoffe, die auch in anderen Säften gefunden werden, für die Galle also nicht charakteristisch sind.

1) Schleim, macht die Galle fadenziehend; wird mit den Faeces ausgeschieden.

2) Cholestearin (siehe unter „Chem. Bestandteile“) wird ebenfalls mit den Faeces ausgeschieden.

Reactionen:

α) Cholestearin + Salpetersäure abgedampft = gelber Fleck; Ammoniak zugesetzt = rot.

---

*) Man unterscheidet:

α) Secrete = Absonderungen, welche im Inneren des Körpers gebraucht werden (Speichel, Magensaft, Pankreassaft).

β) Excrete = Absonderungen, welche aus dem Körper als nicht mehr brauchbar ausgeschieden werden (Harn)

Die Galle ist sowohl Secret wie Excret.

β) Cholestearin + Jod + Schwefelsäure = blau.
γ) Cholestearin + Schwefelsäure = rot.

3) Fette.

4) Anorganische Salze:

Kochsalz, Chlorkalium, Phosphate, Eisen.

B) **Wesentliche Bestandteile,** d. h .solche Stoffe, die nur in der Galle vorkommen, für dieselbe charakteristisch sind.

I) Gallensäuren

werden aus den Albuminaten der Leber gebildet (siehe auch „Chem. Bestandteile“).

α) Glykocholsäure $C_{26} H_{43} NO_6$ = Glycin (= Amidoessigsäure) + Cholsäure.

β) Taurocholsäure $C_{26} H_{45} NO_7$ = Taurin (= Amidoäthylsulfosäure) + Cholsäure

Glykocholsäure und Taurocholsäure bestehen aus je 2 Säuren, die zu einer Säure verbunden sind; daher bezeichnet man Glykocholsäure und Taurocholsäure auch als gepaarte Säuren. Beide, Glykocholsäure und Taurocholsäure, zerfallen durch Alkalien (auch im Darm) in ihre Componenten, Glycin resp. Taurin, und Cholsäure.

Pettenkofer'sche Probe:
Gallensäuren + Rohrzucker + Schwefelsäure, auf 60° C. erhitzt = purpurrote Färbung.

Cholsäure (auch Cholalsäure genannt) $C_{24} H_{40} O_5$, ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, geht durch Salzsäure über in Choloïdinsäure ($C_{24} H_{38} O_4 = C_{24} H_{40} O_5 - H_2O$) und schliesslich in Dyslysin ($C_{24} H_{36} O_3 = C_{24} H_{38} O_4 - H_2O$). Dyslysin ist vollkommen unlöslich in Wasser und Alkohol. Choloïdinsäure und Dyslysin = Kunstproducte, werden nicht in den Faeces angetroffen.

Die Gallensäuren werden zum grössten Teil im Dünndarm wieder resorbiert, nur ein geringer Teil erscheint in den Faeces.

II) Gallenfarbstoffe

werden aus dem Blute innerhalb der Leber gebildet.

Man unterscheidet:

a) Bilirubin (= Cholepyrrhin = Biliphaïn = Bilifulvin

Gallensaren kreisen in geringer Menge im Blute.

Speichel 1002 – 1009 Darmsaft 1011 Magensaft 1023

= Hämatoïdin) $C_{32}\ H_{36}\ N_4\ O_6$ hat rötlich-gelbe Farbe, löst sich in Chloroform und Alkalien.

b) Biliverdin = Bilirubin + O_2.

c) Bilifuscin = Bilirubin + H_2O.

d) Biliprasin = Bilirubin + H_2O + O πράσινος lauchgrün).

e) Bilicyanin (κυάνεος blau).

f) Choletelin (gelb)

b — f = Oxydationsstufen des Bilirubins, daher Bilirubin oxydiert = Grün — Blau — Violett — Rot — Gelb. Diese Reaction kann auf zweierlei Weise angestellt werden je nach der Wahl des Oxydationsmittels:

α) Gmelin'sche Probe:
Bilirubin + Salpetersäure (in der etwas salpetrige Säure vorhanden).

β) Maréchal'sche Probe:
Bilirubin + Jodlösung.

g) Hydrobilirubin ($C_{32}\ H_{40}\ N_4\ O_7$) = Urobilin = Reductionsproduct des Bilirubins = Bilirubin + H + H_2O
Dasselbe entsteht durch Fäulnis aus Bilirubin im Darm, ist der Farbstoff der Faeces, findet sich auch im Urin (da es im Darm teilweise resorbiert wird).

Sämtliche Gallenfarbstoffe werden im Darm zu Urobilin reduciert.

Kann die Galle sich wegen irgend eines Hindernisses nicht in den Darm entleeren, so staut sie sich in den Gallengängen an; schliesslich wird Galle von den Lymphgefässen der Leber resorbiert, gelangt durch den Duct. thoracicus ins Blut und durch dieses zu den verschiedenen Körperteilen, namentlich zur Haut. Diese wird dadurch gelb gefärbt = Gelbsucht, Ikterus. (Cholämie = Galle im Blut).

Mekonium (μηκώιον = Mohnsaft, bräunlich) = Darminhalt des Neugeborenen (erste Stuhlentleerung bräunlich-grünlich) = Gallenbestandteile. Es wird also schon während des intrauterinen Lebens Galle abgesondert, ohne dass irgend welche verdauende Thätigkeit stattfindet; daraus folgt, dass die Galle zum Teil ein Auswurfsstoff (Excret) ist.

Wirkung der Galle:

1) Die Galle wirkt mit zur Resorption der Fette (siehe vorher).

Tritt keine Galle in den Darm (Ikterus), so sind die Faeces sehr fettreich, es wird weniger Fett resorbiert.

2) Die Galle befördert die Peristaltik.

Beim Ikterus ist der Stuhlgang verlangsamt (retardiert).

3) Die Galle wirkt fäulnishemmend (antiseptisch: σήπω faulen).

Beim Ikterus riechen die Faeces sehr unangenehm.

4) Die Galle färbt die Faeces.

Ohne Gallenfarbstoff haben die Faeces eine aschgraue Farbe.

5) Die Galle fügt dem Speisebrei Wasser und Schleim hinzu und erleichtert die Fortbewegung des Darminhalts.

[Durch Störungen der Gallensecretion leidet die Fettresorption mehr als bei denen der Pankreasabsonderung.]

Darmsaft

= Succus entericus = Secret der Darmdrüsen (Lieberkühn'sche und Brunnersche Drüsen) ist eine hellgelbe, klare, dünne Flüssigkeit, reagiert alkalisch, spec. Gewicht 1,011.

Bestandteile.

Eiweiss, Mucin, Fermente, anorgan. Salze (besonders Natriumcarbonat).

Der Darmsaft löst Eiweisse und Kohlenhydrate; wie weit er auch auf Fette wirkt, steht nicht fest.

Zusammenfassung.

Die Verdauung der

Kohlenhydrate erfolgt im Mund,
Eiweisse „ „ Magen (und Darm),
Fette „ „ Darm.

Neben den verdauenden Vorgängen im Darmcanal treten Zersetzungs- (Gährungs-) Vorgänge ein (siehe „Chemische Bestandteile"):

Eiweisse zerfallen in Amidoprodukte, aromatische Körper und Gase.

Fette werden in Fettsäuren und Glycerin gespalten.

Kohlenhydrate unterliegen der Milchsäure- und der Buttersäure-Gährung.

Je mehr der Darminhalt vorrückt, desto stärker sind die Zersetzungen; je nachdem die ammoniakalischen oder die sauren Produkte der Gährung überwiegen, ändert sich die Reaction.

Die im Darm entwickelten Gase sind:

Kohlensäure, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Sumpfgas, Schwefelwasserstoff.

Resorptionsorgan = Magen- resp. Darmwand*) + Blutfässe und Lymphgefässe.

Die Blutgefässe führen die aufgenommenen Stoffe durch die Pfortader der Leber zu.

Die Lymphgefässe führen die aufgenommenen Stoffe durch den Duct. thoracicus der Vena cava sup. zu.

Wand des Magens und Darms = filtrierende Membran.

a) Wasser, Salze gehen in die Blut- und in die Lymphgefässe über.

b) Kohlenhydrate werden hauptsächlich durch die Blutgefässe aufgenommen.

c) Peptone gelangen in die Blutgefässe. In den ersten Stunden nach der Mahlzeit ist die Schleimhaut des Magens und Dünndarms sehr peptonreich. Diese Schleimhaut besitzt die Fähigkeit, das Pepton wieder in Eiweiss zurückzuverwandeln.

N.B.!

Unveränderte Eiweisskörper treten nur in Spuren durch die Darmwand. Die Dickdarmschleimhaut resorbiert in 24 Stunden ca. 6 g Eiweiss. Deshalb versucht man Kranke, denen man vom Munde aus keine Nahrung einflössen kann, durch ernährende Klystiere zu erhalten.

[Klystier, Klysma = Flüssigkeit zur Einfuhr in den Dickdarm bestimmt.]

d) Fette (siehe unter Pancreas) treten in die Lymphgefässe über.

---

*) Die zahlreichen Falten und Zotten dienen zur Vergrösserung der absondernden und resorbierenden Fläche.

Der Darminhalt wird durch Peristaltik vorwärts bewegt Plex. myentericus = automat. Centrum für die Darmbewegungen. Im Dünndarm verweilen die Speisen ca. 4—5 Stunden, im Dickdarm ca. 12 Stunden. Bis zur Bauhin'schen Klappe haben die Speisemassen flüssigbreiige Consistenz, im Dickdarm beginnt die Eindickung (Wasserentziehung). Im untersten Abschnitte des Dickdarms werden die Kotmassen geformt.*)

Gewöhnlich reichen die Faeces nur bis zum unteren Ende des S romanum, der Mastdarm ist in der Ruhe leer und der Anus wird durch die Elasticitat der umgebenden Weichteile (Muskeln) geschlossen.

Die am Anus wirkenden Muskeln sind folgende:

1) M. Sphincter ani externus = quergestreifter Muskel.
   Ursprung: Steissbeinspitze, umgreift mit zwei Schenkeln die Afteröffnung, welche sich vor dem After wieder zu einer Sehne vereinigen.
   Ansatz: Diese Sehne geht in den M. bulbo-cavernosus (b. Weibe in den M. constrictor cunn.) über.
2) M. Levator ani.
   Ursprung: Seitenwand des kleinen Beckens.
   Ansatz: Die Fasern dieses Muskels verweben sich mit denen des M. sphincter ani ext.
3) M. sphincter ani int.
   = Verdickung der Kreisfaserschicht des Rectum dicht oberhalb des M. sphincter ext.
4) M. sphincter ani tertius.
   = Ringfaserschicht am unteren Ende des Stromanum, schliesst dasselbe gegen das Rectum ab.

In 24 Stunden erfolgt 1—2 mal eine Kotentleerung, Defaecation. Dabei rücken die Faeces zunächst in das Rectum hinab und veranlassen auf reflectorischem Wege eine Contraction der Sphincteren; dieser sogenannte Reflex der Defaecation ist folgender:

a) Die Mastdarmschleimhaut kommt mit Kot in Berührung.

---

*) Skybala = verhärtete, sehr harte Kotmassen = sehr trockene, wasserarme Kotmassen ($\sigma\kappa\acute{\upsilon}\beta\alpha\lambda o\nu$ = Kot).

b) Centripetale (sensible) Bahn:
Plex haemorrhoidalis (N. sympathicus + Nn. sacrales),
Plex mesentericus inf. (N. sympathicus).

c) Centralorgan: Centrum anospinale im Lumbalteil des Rückenmarks.

d) Centrifugale (motorische) Bahn:
Plex. pudendalis (Nn. sacrales).

e) Contraction der Sphincteren.

Diese Contraction der Sphincteren wird empfunden als: Stuhldrang, Stuhlzwang, Tenesmus. Verstärkt wird dieser Analschluss durch Auswärtsrollen der Schenkel und Druck von aussen (Mm. glutaei).

Soll nun der Kot willkürlich entleert werden, so wird zuerst

a) die Contraction der Sphincteren willkürlich gehemmt (= Reflexhemmung vom Gehirn aus),

b) die Bauchpresse in Thätigkeit versetzt. Dadurch werden die Weichteile des Beckengrundes nach abwärts gedrängt.

c) der M. levator ani hebt den Beckengrund und streift den After über die nach unten tretende Kotsäule empor.

Sofort nach der Kotentleerung*) pflegt der Sphincter ext. noch kurze Zeit contrahiert zu bleiben. In 24 Stunden werden etwa 200 gr. Faeces ausgeschieden. Die Reaction der Faeces ist verschieden, je nach den im Darm vorausgegangenen Gährungsprocessen; die Farbe (von der Galle herrührend) schwarzbraungrün, der Geruch unangenehm, faeculent (stammt her von flüchtigen Fettsäuren, Schwefelwasserstoff und Zersetzungsproducten der Eiweisskörper). Indol. Skatol.

Bestandteile der Faeces (ausser Wasser 70 %):

Epithelzellen, Pflanzenbestandteile (Spiralgefässe), Muskelfasern, Bindegewebsfasern, Sehnengewebe, elastische Fasern, Schleim, Gallenbestandteile.
Fettröpfchen, Seifen, flüchtige Fettsäuren.
Stärkekörnchen.
Salze, Krystalle.
Bakterien.

---

*) Zugleich mit der Kotentleerung und auch ohne diese entweichen Darmgase aus dem After = Flatus, Blähungen.

Ernährung = Zufuhr von Stoffen zur Erhaltung des Körpers.

Nahrungsstoffe = chemische Individuen (Wasser, Salze, Eiweisse, Kohlenhydrate, Fette).

Nahrungsmittel = Mischungen verschiedener Nahrungsstoffe (Fleisch, Eier, Brot).

Nahrung = Gemisch verschiedener Nahrungsmittel, welches geeignet ist, den Körper auf seinem Bestande zu erhalten.

Durch mangelnde Zufuhr von Wasser wird das Durstgefühl, durch mangelnde Zufuhr organischer Nahrungsmittel das Hungergefühl erzeugt.

Durst und Hunger sind Gemeingefühle (siehe „Gefühlssinn").

Nahrungsstoffe (siehe auch „Stoffwechsel").

A) Anorganische:

I) Wasser. 3000 gr

II) Salze, Salina (Kochsalz, K, Ca, Mg, P, Fe). 30 gr

B) Organische:

I) Eiweisse, Albuminosa, stickstoffhaltig. 120-140

II) Kohlenhydrate, Saccharina, } stickstofflos. 300-400

III) Fette, Oleosa, } 80-100

Besonders zu erwähnen sind noch:

C) Genuss- und Gewürzstoffe.

= angenehm riechende und schmeckende Stoffe, werden den Speisen zugesetzt oder aus Bestandteilen der Speisen bei der Zubereitung gebildet, befördern die Secretion der Verdauungssäfte und wirken auf das Nervensystem anregend.

I) Würzstoffe:
Kochsalz, Zucker, Pfeffer, Senf, Kümmel, Rettig etc.

II) Genussstoffe:
Alkoholica (Bier, Wein, Branntwein).
Coffeïna (Thee, Kaffee, Chokolade).
Tabak. Opium.

Die Zubereitung der Nahrungsmittel umfasst:

1) Das Reinigen.
2) Das Entfernen verdorbener oder unverdaulicher Teile.
3) Zerkleinern (Zerstampfen, Zerhacken, Verreiben), so den Verdauungssäften der Zutritt zu den Nährstoffen erleichtert.

4) Würzen.
5) Einwirkung hoher Hitzegrade (chemische Veränderungen herbeigeführt; Geschmack, Geruch geändert, Parasiten getötet).
   α) Kochen (dabei Auslaugen mit Wasser, welches dann wohlschmeckende Stoffe in sich aufnimmt = Fleischbrühe).
   β) Braten (= Erhitzen in Fett).
   γ) Rösten = gelinde Vorstufe der Verkohlung, dabei enstehen verschiedene aromatisch riechende und schmeckende Produkte.

Zusammensetzung der verschiedenen Nahrungsmittel siehe Tabelle (am Ende des Buches).

Besonders zu erwähnen ist:

Die Milch.

Spec. Gewicht 1,026—1,035.
Bestandteile (ähnlich wie das Blut):
a) Milchkügelchen = Fetttröpfchen = Butterkügelchen, sind gleichmässig verteilt in der
b) Milchflüssigkeit, enthält das Caseïn (gelöst).

Wenn die Milch länger steht, sammeln sich die Butterkügelchen (= Fettkügelchen) an der Oberfläche = Rahm = Sahne.

Wird die Milch geschlagen (= Buttern), so fliessen die Fettkügelchen der Milch zu einer Masse zusammen = Butter.

Gerinnt das Caseïn und fällt aus, so ist das Coagulum = Käse.

Vergl. Physiologie.

Die Wiederkäuer besitzen einen vierfachen Magen:
1) Pansen, Rumen (daher Ruminatio = Wiederkäuen).
2) Netzmagen, Reticulum.

Hat die Nahrung diese beiden Magen passiert, so wird sie durch antiperistaltische Bewegung wieder emporbefördert, abermals gekaut, gelangt nun in
3) Psalter, Omasus und
4) Labmagen, Abomasus, Käsemagen = Magen des Menschen.

VIII. Harn und Schweiss.

Eigenschaften des Harns.

a) Menge (dem Volumen nach bestimmt): In 24 Stunden 1500—1700 cbctm. In verschiedenen Zeiten des Tages ist die abgesonderte Harnmenge verschieden gross, nach der Hauptmahlzeit am grössten.

b) Specifisches Gewicht: 1,015—1,025.

Wird gemessen durch das Aräometer (besonders zu diesem Zweck construiert = Urometer, umfasst nur die beim Harn vorkommenden specifischen Gewichte von 1,000—1,040).

Je grösser die Urinmenge (d. h. je dünner der Urin) desto niedriger das specifische Gewicht, je kleiner die Urinmenge, desto höher.

Enthält der Urin besonders schwere Körper, z. B. Traubenzucker, in grösserer Menge, so wird natürlich das specifische Gewicht erhöht.

c) Farbe: bernsteingelb — dunkelgelb = mehr oder weniger gesättigtes Gelb.

Urin von hohem spec. Gewicht ist dunkel.

Urin von niedrigem spec. Gewicht ist hell.

Dunkelroter — braunroter Urin von hohem specifischem Gewicht = hochgestellter Urin.

d) Durchsichtigkeit: der Harn ist klar.

e) Consistenz: leicht flüssig (der Urin enthält viel Wasser).

f) Geruch: angenehm aromatisch (ähnlich wie Bouillon).

g) Geschmack: salzig-bitter.

h) Temperatur = Temperatur des kleinen Beckens = 37—38°.

i) Reaction: Der frisch gelassene Harn reagiert sauer infolge der Anwesenheit saurer Salze (besonders des sauren phosphorsauren Natron $Na\ H_2\ PO_4$). Man drückt den Grad der Säuerung (der Acidität) aus durch die Menge Alkali, welche einem bestimmten Volumen der sauren Flüssigkeit zugeführt werden muss, um neutrale Reaction herzustellen.

Kühlt man den Harn von Körpertemperatur auf Zimmertemperatur (15°) oder sogar bis auf 0° ab, so trübt er sich, indem saure harnsaure Salze (besonders saures harnsaures Natron), welche in kaltem Wasser viel weniger löslich sind als in warmem, teilweise ausfallen. Dieser Niederschlag (= Bodensatz, Sedimentum) hat eine gelblich-röthliche Färbung, sieht aus wie Ziegelmehl (daher Sedimentum lateritium von later: der Ziegelstein) und löst sich beim Erwärmen wieder vollständig.

Bleibt der frisch gelassene Harn einige Tage stehen, so zeigt er eine Zunahme seiner Säuerung durch Bildung neu auftretender Säuren infolge von Gährungsvorgängen (= saure Harngährung), es entstehen hauptsächlich Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure, Ameisensäure. Bewahrt man den Harn noch länger auf, so wird seine Reaction nun allmählich immer weniger sauer, dann neutral und schliesslich alkalisch (= alkalische, ammoniakalische Harngährung). Der Harnstoff (= Urea) zerlegt sich durch den Einfluss von Bakterien (Micrococcus ureae und Bacterium ureae) unter Aufnahme von Wasser in CO_2 und NH_3 und letzteres verbreitet den ihm eigentümlichen Geruch. Gewisse Substanzen, die im Urin vermöge seiner sauren Reaction vorher gelöst waren, fallen nun aus (phosphorsaure Ammoniak-Magnesia*), phosphorsaurer Kalk, saures harnsaures Ammoniak), der Urin wird trübe.

Bestandteile des Harns.

(Hauptbestandteile des normalen Harns: Harnstoff u. Kochsalz.)

A) Anorganische Bestandteile.

a) Chloride, hauptsächlich Kochsalz. Innerhalb 24 Stunden werden ca. 12 gr Kochsalz ausgeschieden.

*) Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, sogenanntes Triplephosphat $Mg\ NH_4\ PO_4$, liefert grosse glänzende Krystalle von Sargdeckelform.

4 % fleisch Substanz = 60 gr pro die
25 gr anorg. 35 gr org. Substanz

b) Sulfate.

Die Schwefelsäure ist im Harn zum grössten Teil in Form schwefelsaurer Salze enthalten = praeformierte Schwefelsäure, zum kleineren Teil an Phenol, Indol gebunden = Aetherschwefelsäure, gepaarte, gebundene Schwefelsäure. Die Menge der in 24 Stunden ausgeschiedenen Schwefelsäure = 2—2,5 gr. Verhältnis der Aetherschwefelsäure zur präformierten Schwefelsäure = 1 : 10.

2,5 gr

c) Phosphate.

Tagesmenge = 3 gr. Die Phosphorsäure erscheint teils an Alkalien, teils an alkalische Erden (Kalk, Magnesia) gebunden.

3,5 gr

d) Nitrate.

e) Natrium.

In 24 Stunden werden 4—5 gr Natrium ausgeschieden.

Kll

f) Kalium.

Tagesmenge: 2—3 gr Kalium.

3 gr

g) Ammoniak (d. h. solches Ammoniak, welches von vorn herein, also präformiert im Harn vorhanden ist und nicht erst aus Harnstoff entsteht). In 24 Stunden werden ca. 0,7 gr ausgeschieden.

h) Calcium.

Das Calcium ist im Harn fast völlig an Phosphorsäure, nur zum kleinen Teil an Oxalsäure gebunden. 24stündige Menge = 0,2 gr Calcium.

i) Magnesium.

In 24 Stunden ca, 0,3 gr Magnesium ausgeschieden.

[Erdphosphate des Harns = Calciumphosphat + Magnesiumphosphat.]

0,1 gr

k) Eisen.

Findet sich im Harn in eisenhaltigen organischen Substanzen. Eisenmenge in 24 Stunden ca. 10 mgr.

l) Wasserstoffsuperoxyd findet sich in Spuren im Harn.

m) Gase.

Kohlensäure: 5 Volumenprocent.
Sauerstoff: 0,1 „
Stickstoff: 1,0 „

B) **Organische Bestandteile.**

I. Normale organische Bestandteile des Harns.

1) **Harnstoff,** Urea (abgekürzt $\overset{+}{U}$).*)

$CO \begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix}$ Carbamid, enthält 46,66 % Stickstoff. In 24 Stunden 30—40 gr Harnstoff ausgeschieden. Der Harnstoff löst sich in Wasser und in Alkohol sehr leicht, giebt auf 150° erhitzt Biuret

$$2\ CO \begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} = \begin{matrix} CO \diagup NH_2 \\ \\ NH \\ \\ CO \diagdown NH_2 \end{matrix} + NH_3$$

Biuret.

Biuret + Natronlauge + einige Tropfen Kupfersulfatlösung = Rotfärbung (= sogenannte Biuret-Reaction). Der Harnstoff geht sehr leicht durch Aufnahme von Wasser in kohlensaures Ammoniak über

$$CO \begin{matrix} NH_2 \\ NH_2 \end{matrix} + 2\,H_2O = (NH_4)_2\,CO_3.$$*)

Darstellung des Harnstoffs:

α) $CO\,Cl_2 + 2\,NH_3 = CO\,(NH_2)_2 + 2\,HCl.$

Chlorkohlenoxyd.

(Phosgengas.)

β) $2\,CO\,NK + (NH_4)_2\,SO_4 = K_2\,SO_4 + 2\,CO\,N\,(NH_4).$

Kaliumcyanat + Ammoniumsulfat = Kaliumsulfat + Ammoniumcyanat

(Kaliumcyanat lässt sich synthetisch aus den Elementen darstellen).

$$2\,CO\,N\,(NH_4) = CO\,(NH_2)_2.$$

Durch Erhitzen des Ammoniumcyanat erfolgt eine Umlagerung der Atome und die Bildung von Harnstoff.

Harnstoff (eine organische Substanz) lässt sich synthetisch aus anorganischem Material darstellen.

γ) Darstellung des Harnstoffs aus Menschenharn. Man dampft den Harn ein und setzt Salpetersäure hinzu, dann

---

*) Harnstoff eigentlich nur = modificiertes kohlensaures Ammoniak.

1. Liebig salpetersaurem Quecksilberoxyd — Natronkarbonat.
2. Hüfner unterbromigsaurem Na — N als Gas.
3. Reibstal conc. Schwefelsäure. — N als schwefelsaures Ammoniak.

entsteht ein Niederschlag von salpetersaurem Harnstoff. Nun fügt man Baryum hinzu, welches sich mit der Salpetersäure zu salpetersaurem Baryum verbindet und den Harnstoff frei macht. Das salpetersaure Baryum und den Harnstoff trennt man von einander durch Alkohol, in welchem das erstere unlöslich ist.

Quantitative Bestimmung des Harnstoffs.

α) Liebig'sche Titrier*)-Methode:

Harnstoff + salpetersaures Quecksilberoxyd = weisser voluminöser Niederschlag von salpetersaurem Quecksilberoxydharnstoff, $2\,CO\,(NH_2)_2\,(NO_3)_2\,Hg + 3\,Hg\,O$.

Wird zuviel salpetersaures Quecksilberoxyd hinzugesetzt, d. h. mehr, als Harnstoff zur Bindung vorhanden ist, so giebt das im Ueberschuss frei (d. h. nicht an Harnstoff gebunden) anwesende salpetersaure Quecksilberoxyd mit Natriumcarbonat eine gelbliche Färbung (= gelbes Quecksilberoxyd). Man ermittelt also den Punkt, wenn eben etwas Quecksilber im Ueberschuss vorhanden ist; aus der Menge der verbrauchten Quecksilberlösung kann man die Menge des Harnstoffs bestimmen.

β) Hüfner's Methode:

$$CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} + 3\begin{matrix}Na\\Br\end{matrix}O = CO_2 + N_2 + 2\,H_2O + 3\,Na\,Br$$

unterbromigsaures Natron — Natriumbromid.

Der entweichende Stickstoff wird gemessen und daraus der Harnstoff berechnet.

γ) Erhitzt man Harnstoff mit Natronkalk (= $CaO + NaOH$), so giebt er seinen Stickstoff vollständig in Form von Ammoniak ab.

Der Harnstoff entsteht hauptsächlich aus dem Eiweiss des Körpers als Amidoproduct (siehe „Chemische Bestandteile"); eiweissreiche Nahrung vermehrt, eiweissarme Nahrung vermindert die Harnstoffausscheidung.

2) **Harnsäure** $C_5\,H_4\,N_4\,O_3$ (auch U bezeichnet), 0,8 gr

*) Titrieren betiteln, sortieren, ordnen (nach dem Gewicht) Titriermethode = Maassanalyse: die Menge eines in einer gegebenen Lösung befindlichen Stoffes wird bestimmt mit Hülfe einer anderen genau bekannten Lösung.

führt nächst dem Harnstoff den meisten Stickstoff aus dem Körper ab.

Harnsäure ist ein schneeweisses Pulver, in kaltem Wasser unlösslich, in heissem Wasser schwer löslich.

Die Harnsäure krystallisiert in verschiedenen Formen (namentlich Wetzsteinform).

Die Salze der Harnsäure sind.

α) saures harnsaures Natron (krystallisiert in rhombischen Tafeln und Nadeln.) Krümelform

β) saures harnsaures Kali. Schuppenform

γ) saures harnsaures Ammoniak (bildet kleine Kügelchen).

Harnsäure mit kalter Salpetersäure oxydiert, liefert Harnstoff und Alloxan (= Mesoxalylharnstoff).

$$C_5H_4N_4O_3 + O + H_2O = CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} + CO\begin{matrix}NH-CO\\NH-CO\end{matrix}CO$$

Alloxan.

$$\text{(Mesoxalsäure} = CO\begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix}\text{)}$$

Murexid-Probe:

Harnsäure + einige Tropfen Salpetersäure, verdampft = gelblich-roter Rückstand; setzt man nun Ammoniak hinzu, so entsteht eine prachtvoll purpurrote Färbung durch Bildung von purpursaurem Ammonium = Murexid. Nimmt man statt Ammoniak Kalilauge oder fügt diese erst nachträglich hinzu, so erhält man blaues purpursaures Kali.

Die Menge der in 24 Stunden ausgeschiedenen Harnsäure beträgt 0,6 gr.

3) **Sarkin** (= Hypoxanthin)
3) **Xanthin**
5) **Guanin**
6) **Kreatin**
7) **Kreatinin**

siehe „Chemische Bestandteile“

8) **Oxalsäure** COOH-COOH

24 stündige Menge bis 0,02 gr.

Oxalsaurer Kalk (unlöslich in Essigsäure, löslich in Salzsäure) bildet kleine glänzende Krystalle von Briefcouvertform.

9) **Aromatische Körper** (C_6H_5 = Phenylgruppe).

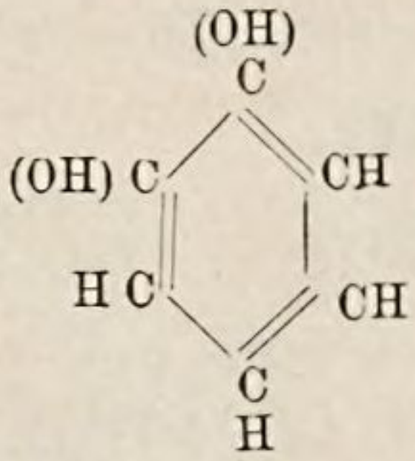
a) Benzoësäure, C_6H_5COOH.

Phenol C_6H_5OH, vereinigt sich mit Schwefelsäure zu

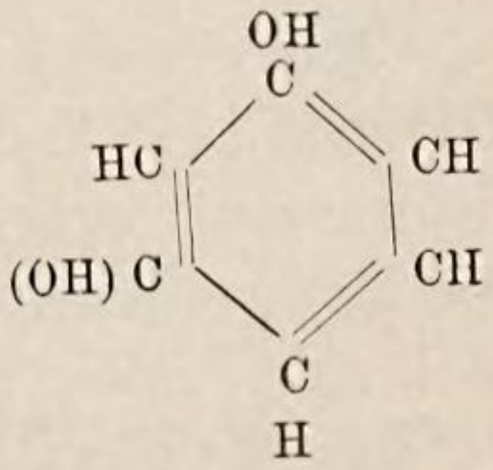
Phenolschwefelsäure $SO_2\begin{cases}OC_6H_5\\OH\end{cases}$

c) Kresol $C_6H_4\begin{cases}CH_3\\OH\end{cases}$

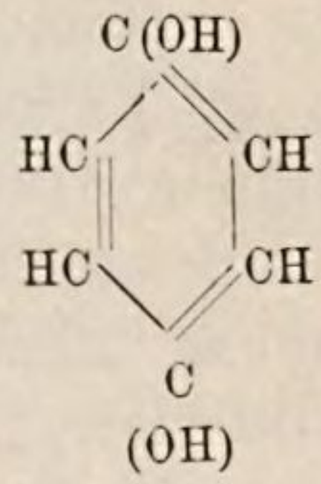
d) Brenzcatechin $C_6H_4(OH)_2$, Orthodioxybenzol



e) Resorcin $C_6H_4(OH)_2$ Metadioxybenzol



f) Hydrochinon $C_6H_4(OH)_2$ Paradioxybenzol

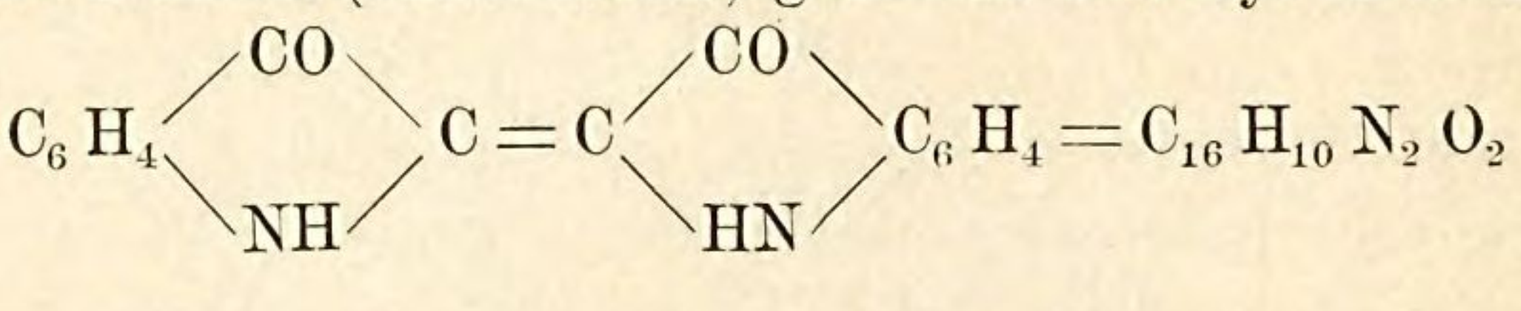


g) Paraoxyphenylessigsäure $C_6H_4\begin{cases}OH\\CH_2\,COOH\end{cases}$

h) Hydroparacumarsäure $C_6H_4\begin{cases}OH\\CH_2-CH_2-COOH\end{cases}$

i) Indoxylschwefelsäure s. „Chem. Bestandteile“. Das im Darmkanal durch Zersetzung der Eiweisskörper entstehende Indol ver-

bindet sich mit Schwefelsäure zu Indoxylschwefelsäure: Indoxylschwefelsäure erscheint im Harn als indoxylschwefelsaures Kalium $C_8 H_6 N O K S O_3$.*) Indoxylschwefelsäure mit Salzsäure behandelt zersetzt sich in Indoxyl und Schwefelsäure. Durch Oxydationsmittel (Chlorwasser) geht das Indoxyl in Indigoblau



$$C_6 H_4 \begin{cases} CO \\ NH \end{cases} C = C \begin{cases} CO \\ HN \end{cases} C_6 H_4 = C_{16} H_{10} N_2 O_2$$

über:

$$2\, C_8 H_6 N O K S O_3 + O_2 = C_{16} H_{10} N_2 O_2 + 2\, K H S O_4.$$

Indoxylschwefelsaures Kali*) Indigoblau.

k) Skatoxylschwefelsäure siehe „Chemische Bestandteile“.

10) **Hippursäure.**

Benzoylglycocoll $\begin{matrix} CH_2\, COOH \\ NH\, CO\, C_6 H_5 \end{matrix}$, $C_9 H_9 NO_3$

entsteht aus Benzoësäure und Glycocoll:

$$C_6 H_5\, COOH + CH_2\, NH_2\, COOH = C_9 H_9 NO_3 + H_2 O$$

Benzoësäure + Glycocoll Hippursäure.

(Glycocoll = Amidoessigsäure.)

Hippursäure aus 2 Säuren gebildet = gepaarte Säure.

Die Menge der in 24 Stunden ausgeschiedenen Hippursäure 0,25—0,5 gr.

Bei der Eiweissfäulnis im Darm bildet sich Phenylpropionsäure = Homologon der Benzoësäure; die Phenylpropionsäure wird im Körper sehr leicht zu Benzoësäure oxydiert; die so entstandene Benzoësäure verbindet sich mit dem von der Leber producierten Glycocoll zu Hippursäure. Wo sich diese Synthese vollzieht, steht nicht fest.

Im Harn findet sich neben der Hippursäure auch Benzoësäure in kleinen Mengen.

12) **Einige seltner vorkommende Substanzen.**

a) Oxalursäure $CO \begin{cases} NH\, CO\, COOH \\ NH_2 \end{cases}$ zerfällt sehr leicht in Oxalsäure und Harnstoff:

---

*) Indoxylschwefelsaures Kalium = indigobildende Substanz des Harns = Indican.

$$CO\begin{<}{NH\,CO\,COOH}{NH_2} + H_2O = \begin{matrix}COOH\\COOH\end{matrix} + CO\begin{<}{NH_2}{NH_2}$$

Oxalursäure = Oxalsäure + Harnstoff.

Oxalursäure also = substituirter Harnstoff (= Uramido-oxalsäure = Oxalylharnstoff).

b) Fettsäuren siehe „Chemische Bestandteile“.

c) Glycerinphosphorsäure siehe „Chemische Bestandteile“.

d) Rhodanwasserstoff CNSH, Schwefelcyansäure.

e) Milchsäure $C_3H_6O_3 = CH_3\,CH\,(OH)\,COOH$.

f) Bernsteinsäure $\begin{matrix}CH_2\,COOH\\CH_2\,COOH.\end{matrix}$

13) **Farbstoffe.**

α) Urobilin = Hydrobilirubin = Gallenfarbstoff (siehe „Galle“), rotgelb.

β) Urochrom = gelber Farbstoff.

Ausserdem sind noch eine Reihe anderer Farbstoffe beschrieben worden (Uroerythrin, Uromelanin, Urorubin, Melanin, Uroxanthin, Uroglaucin, Harnblau).

II. Accidentelle (zufällige) Bestandteile des Harns.

(= sogenannte heterogene Substanzen) = Substanzen, deren Uebergang in den Harn zwar nachgewiesen worden ist, aber nur unter besonderen Umständen beobachtet wird.

1) Kohlensaure Alkalien. Nach Genuss pflanzensaurer Alkalien erscheinen im Harn kohlensaure Alkalien. Pflanzensäuren sind z. B.

Weinsäure $\begin{matrix}CHOH\,COOH\\CHOH\,COOH,\end{matrix}$

Citronensäure $C_3H_4\,(OH)\,(COOH)_3$,

Äpfelsäure $\begin{matrix}CH_2\,COOH\\CH\,(OH)\,COOH\end{matrix}$ etc.

Werden pflanzensaure Alkalien mit der Nahrung aufgenommen, so wird die Säure im Körper zu CO_2 und H_2O verbrannt, und die so entstandene CO_2 verbindet sich mit dem Alkali zu kohlensaurem Alkali und wird als solches mit dem Harn ausgeschieden. Reichlich genossene pflanzensaure Alkalien (z. B. Traubenkur)

machen den Harn alkalisch; beim Pflanzenfresser ist dies stets der Fall.

2) Die Alkaloide*) gehen nach der Aufnahme in den Körper zum grossen Teil in den Harn über.

3) Die aromatischen Körper, dem Organismus eingegeben, passieren denselben entweder ohne Veränderung oder sie werden oxydiert.

4) Terpentinöl (= ätherisches Oel) bewirkt, dass der Harn nach Veilchen riecht.

5) Nach dem Genuss von Senf**) erscheint im Harn Rhodanammonium ($CNSNH_4$).

6) Nach Spargelgenuss riecht der Harn sehr unangenehm: Im Spargel findet sich

Asparagin = $CH_2\,COO\,H$
$CH\,(NH_2)\;CO\,N\,H_2$
= Amidoäpfelsäure.

In Berührung mit faulenden Körpern (besonders mit Eiweiss) geht das Asparagin über in bernsteinsaures Ammoniak (Bernsteinsäure = $C_2\,H_4 \begin{matrix} COOH \\ COOH \end{matrix}$) welches einen unangenehmen Geruch besitzt.

7) Die Gerbsäure***) geht im Körper unter Wasseraufnahme in Gallussäure über und erscheint als solche im Harn.

$$\left.\begin{matrix} C_6\,H_2\,(OH)_3\,CO \\ O \\ C_6\,H_2\,(OH)_2\,COO\,H \end{matrix}\right\} + H_2\,O = 2.\,C_6\,H_2 \begin{matrix} (OH)_3 \\ \\ COOH \end{matrix}$$

Gerbsäure = Digallussäure — Gallussäure
= Tannin = Aether der Gallussäure.

---

*) Alkaloide = Pflanzenbasen, organische Basen haben einen bitteren Geschmack, reagieren stark alkalisch, sind in Wasser unlöslich, bilden (wie die Alkalien) mit Säuren Salze, welche sich in Wasser leicht lösen, Die meisten Alkaloïde enthalten Stickstoff. Die Alkaloïde (Chinin, Cocaïn, Morphin, Strychnin, Atropin etc.) haben bei Einverleibung in den tierischen Körper höchst intensive und merkwürdige Wirkungen.

**) Zusammengesetzte Aether der Isothiocyansäure (CSNH) = Senföle. Das gewöhnliche Senföl = Allylsenföl = $C\,S\,N\,C_3\,H_5$.

***) Gerbsäure im Pflanzenreich sehr verbreitet, schmeckt herb, ist in Wasser löslich. Gesäure + Eisenoxydsalze = dunkelblaugrün (= Tinte). Leimlösung wird durch Gerbsäure gefällt. Tierische Häute (= leimhaltig) + Gerbsäure = Leder.

III. Pathologische Bestandteile des Harns:

a) Eiweiss = Albuminurie.
b) Zucker = Glykosurie.
c) Gallenbestandteile = Cholurie.
d) Blut (d. h. rote Blutkörperchen) = Haematurie.
e) Haemoglobin (roter Farbstoff) = Haemoglobinurie.
f) Chylus = Chylurie.
g) Schwefelwasserstoff = Hydrothionurie.
h) Cystin = Cystinurie.
i) Abnorm viel Oxalsäure = Oxalurie.
k) Leucin, Tyrosin, Allantoïn.
l) Aceton ($CH_3 CO CH_3$) Alkohol ($C_2 H_5 OH$)
Acetessigäther: ($CH_3 CO CH_2 COO C_2 H_5$).

IV. Sedimente. Harnsteine.

Einige der Substanzen, die im Harn gewöhnlich gelöst vorkommen, können unter Umständen in fester Form ausfallen = Sedimente.

Solche Substanzen sind:

1) Urate,
2) Phosphate,
3) Oxalate,
4) Cystin.

Concretion = In einem freien Raume wird aus einer Flüssigkeit durch immer neues Anschiessen (concresco = zusammenwachsen, sich verdichten) eine Art steiniger Masse gebildet. Die so entstandene steinige Masse = Concrement. (Lithiasis = Steinbildung.) Die in den Harnwegen gebildeten Steine zerfallen nach dem Ort ihrer Entstehung in

α) Nierensteine (Nierenstein = Stein in den grossen Canälen der Niere).
β) Blasensteine.

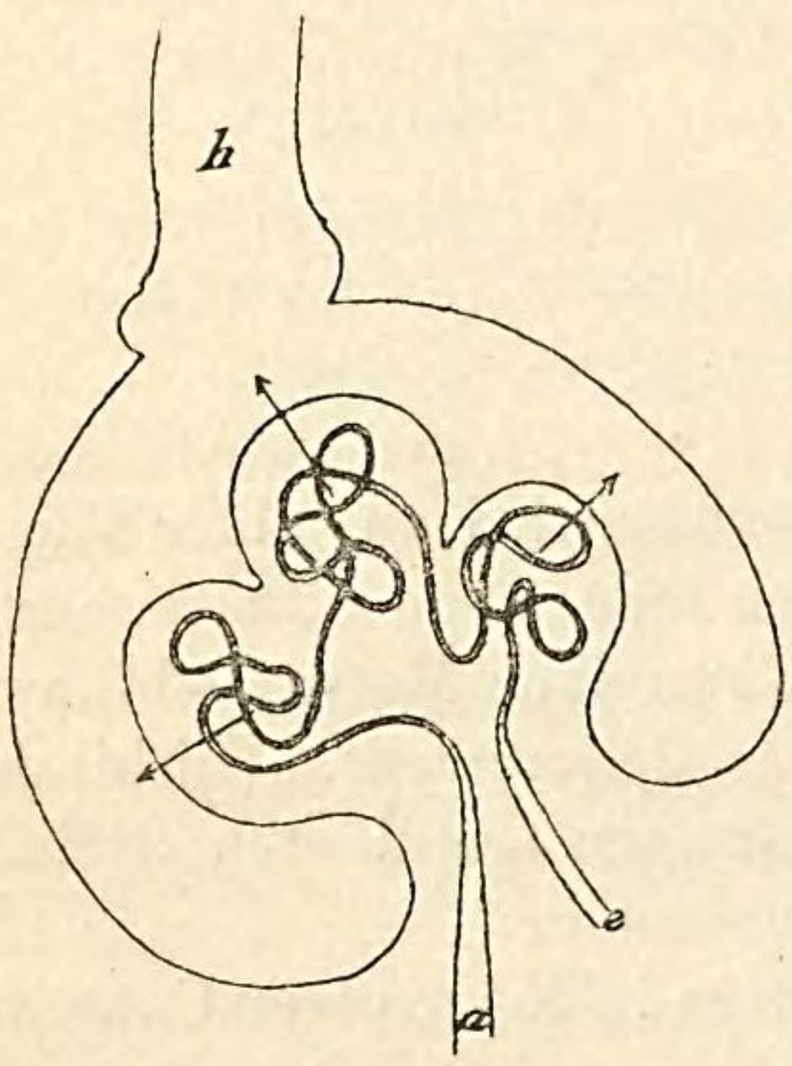
Absonderung des Harns.

Der Ort der Harnabsonderung ist die Niere.

Niere = tubulöse Drüse. Die Tubuli (Schläuche), in der Niere Harnkanälchen, Tubuli uriniferi, genannt, verlaufen teils gewunden, geschlängelt (= gewundene Harnkanälchen, Tubuli

contorti), teils gradlinig (= grade Harnkanälchen, Tubuli recti). Die Hauptmasse der Niere (die Rindensubstanz) wird von den gewundenen Harnkanälchen gebildet, welche sich an etwa 8 Stellen zu den sogenannten Markkegeln (= Marksubstanz) sammeln. Die Markkegel (= grade Harnkanälchen), mit der Basis mitten in der Rindensubstanz wurzelnd, ragen mit ihren Spitzen frei in das Nierenbecken hinein. Der aus den Harnkanälchen abfliessende Harn ergiesst sich in das Nierenbecken. Jedes gewundene Harnkanälchen beginnt in der Rinde nahe der Nierenoberfläche mit einem sogenannten Malpighischen Körperchen (0,1—0,2 mm gross). Das Malpighische Körperchen besteht aus einem kugligen Gefässknäuel, dem Glomerulus (glomus = globus = dichter runder Körper, Knäuel), der in das sackförmig erweiterte blinde Anfangsstück des Harnkanälchen, die Bowmansche Kapsel, so eingestülpt ist, dass es von der Kapsel grösstenteils umfasst wird (siehe Fig. 28). Hier findet eine Filtration aus dem Blut durch die Gefässwand und die Bowmansche Kapsel hindurch in das Anfangsteil des Harnkanälchens statt*) und zwar treten hier hauptsächlich die Harnsalze und das Harnwasser hindurch. Dieses Salzwasser passiert nun die Harnkanälchen in ihrer ganzen Länge und empfängt von den Zellen, besonders der gewundenen Harnkanälchen, die übrigen Harnbestandteile (namentlich Harnstoff). Die Zellen der Harnkanälchen = secernierendes Epithel, nehmen infolge der ihnen eigenen electiven Function nur bestimmte Substanzen (harnfähige Substanzen, d. h. solche Substanzen, welche in den Harn überzugehen pflegen) aus

(Fig. 28.) Glomerulus.



h Harnkanälchen.
a vas affereus.
e vas effereus.
Die Pfeile deuten die Richtung an, in welcher die Filtration stattfindet.

*) Wichtig ist dabei die Grösse des Blutdruckes in der Nierenarterie.

dem sie umspülenden Blute auf. Also Harn = Filtrat + Secretionsproduct.

In Bezug auf die in den Malpighischen Körperchen*) stattfindende Filtration hat sich gezeigt, dass Säuren schneller als Basen hindurchfiltrieren. Das Blut enthält neutrales phosphorsaures Natron ($Na_3 PO_4$); durch den Stoffwechsel entstehen fortwährend Säuren (z. B. wird der Schwefel des Eiweisses grösstenteils zu Schwefelsäure oxydiert), welche das phosphorsaure Natron in ein saures Salz überführen ($Na_2 H PO_4$). Filtriert nun dies letztere aus dem Blut in die Harnkanälchen, so tritt die Säure (Phosphorsäure) schneller als die Base (Na) hindurch und im Harn wird $Na H_2 PO_4$ gefunden. So erklärt sich die Abscheidung von saurem Harn aus dem alkalisch reagierenden Blut.

Der Harn wird zwar von den Nieren abgesondert, aber die Harnbestandteile werden in den verschiedenen Geweben (natürlich auch zum geringen Teil in der Niere selbst) gebildet.

Harnstoff entsteht überall aus Eiweiss, besonders in der Leber.

Die Harnfarbstoffe werden aus Blutfarbstoffen gebildet.

Der Harn enthält vorwiegend die Producte des Eiweisszerfalles.

Der in das Nierenbecken ergossene Urin fliesst durch den Ureter (Harnleiter) in die Blase. Die Fortbewegung des Urins durch den Ureter erfolgt

1) durch Contractionen des Ureters (= eine Art Peristaltik),
2) durch die fortdauernde Nierensecretion, so dass das in der Niere neu abgesonderte Secret das im Ureter befindliche vorwärts treibt,
3) durch das Gesetz der Schwere (bei aufrechter Stellung des Körpers).

Bei mässiger Nierensecretion tritt aus den Ureteren etwa alle $^3/_4$ Minuten ein Tropfen in die Harnblase über, bei sehr starker Secretion kommt der Urin in schwachem Strahl.

---

*) Das Blut tritt in den Glomerulus durch das V. afferens und verlässt ihn durch das V. efferens wieder; das V. afferens hat ein stärkeres Caliber, als das V. efferens. Beide, V. afferens und V. efferens sind arteriell. Erst in seinem weiteren Verlaufe löst sich das V. efferens in die Capillaren auf.

Der Urin kann aus der Harnblase nicht in den Ureter zurücktreten, weil

1) bei starker Spannung der Blasenwand der innerhalb derselben gelegene Ureter*) comprimiert wird,
2) durch die Dehnung der Blasenschleimhaut die Ränder den schlitzförmigen Ureteren-Mündung straff gegen einander gespannt werden.

Harnblase = Sammelgefäss für den Urin.

Muskulatur der Harnblase:

a) Sphincter vesicae (internus) = glatte, kreisförmige Muskulatur um den Anfangsteil der Harnröhre; ohne Bedeutung.
b) Detrusor urinae = glatte Muskelfasern der Blasenwand, verlaufen vom Blasenscheitel zum Blasengrund.
c) Sphincter urethrae = Teil des M. transv. perinei profundus.
d) M. bulbo-cavernosus, umfasst den Bulbus urethrae von unten (siehe „Zeugung"), hängt nach hinten mit dem M. sphincter ani ext. zusammen, welcher zugleich mit ihm in Action tritt. [Beim Weibe anstatt des M. bulbocavernosus der M. constrictor cunni.]

Die Blase hat eine stärkere Muskulatur als das Rectum; deshalb wird bei der Defäkation die Bauchpresse mehr als beim Harnlassen angestrengt.

Das Harnlassen (= Minctio; mingo: harnen).

Wenn die Blase nur wenig gefüllt ist, genügt die Elasticität der den Anfangsteil der Urethra umgebenden Teile, um den Harn in der Blase zurückzuhalten.

Wird die Blase stärker gefüllt, so werden die Blasenwände gedehnt, es erfolgt ein Reflexact:

α) Reizung der sensiblen Nerven der Blasenwand.
β) Sensible (centripetale) Bahn: Nn. vesicales vom Plex. hypogastricus (3., 4., 5. Sacralnerv).
γ) Centrum: Lendenmark
δ) Mot. Bahn: N. pudendus vom Plex. sacralis (3. 4. Sacralnerv)

---

*) Der Ureter verläuft eine Strecke weit innerhalb der Blasenwand.

ε) Contraction des M. sphincter urethrae (und auch des M. bulbo-cavernosus).

Es wird also durch einen Reflex-Akt bei stärker gefüllter Blase der Abfluss des Urins gehindert. (Dieser Reflex = sogenannter Reflex des Harnlassens).

Behufs willkürlicher Entleerung der Blase erfolgt nun eine willkürliche Erschlaffung des M. sphincter urethrae vom Gehirn aus = Reflexhemmung (siehe „Reflexe“).

Soll bei nur schwach gefüllter Blase willkürlich Urin entleert werden, so wird durch die Bauchpresse etwas Harn in die Urethralöffnung gepresst.

Bestehen Störungen in der Ausscheidung der harnfähigen Stoffe aus dem Blute durch den Harn und häufen sich diese Stoffe im Blute an = Urämie. (Urea = Harnstoff.)

Häufen sich in den Harncanälchen irgend welche krankhaften Producte an, so bilden sie oft förmliche Ausgüsse der Harnkanälchen und erscheinen alsdann im Harn als längliche, wurstförmige Körper = sogenannte Harncylinder.

Schweiss.

(Transpiratio; transpiro = ausdünsten, schwitzen.)

= Secret der tubulösen Schweissdrüsen.

Wird nur wenig Schweiss abgesondert, so verdunstet er sofort von der Hautoberfläche (Transpiratio insensibilis); wird aber mehr abgesondert, dann tritt der Schweiss in Tropfen aus den Schweissdrüsen hervor (Transpiratio sensibilis).

Der Schweiss ist farblos, schmeckt salzig, riecht eigenthümlich, reagiert alkalisch, spec. Gew. 1,004.

Bestandteile: Wasser, Fette, Fettsäuren, Cholestearin, Harnstoff, anorganische Salze.

Die Menge des Schweisses beträgt in 24 Stunden ca. 1000 gr.

Zwischen Secretion der Schweissdrüsen und der der Niere besteht ein enger Zusammenhang.

Das Volumen aller Schweissdrüsen des Körpers zusammen beträgt ca. 80 cbctm = $^1/_3$ Niere. (Vol. beide Nieren zusammen = 250 cbctm).

Die Schweissecretion hängt vom Nervensystem ab; bei der Schweissecretion sind thätig:

A) Besondere Schweissnerven

B) Gefässnerven, diese zerfallen in

α) Vasodilatatoren

β) Vasoconstrictoren.

Wirken A + α, so sind die Gefässe der Haut erweitert, die Haut ist heiss = heisser Schweiss. Wirken A + β, so sind die Gefässe der Haut contrahiert, die Haut ist kühl = kalter Schweiss.

Hauttalg, Sebum.

= Secret der acinösen Haarbalgdrüsen, macht Haut und Haare geschmeidig.

Bestandteile:

Fette, Seifen, Cholestearin, Wasser, anorganische Salze.

Vernix caseosa (vernix = Schmiere, Pech)

= weissliche Schmiere, die den Körper des neugeborenen Kindes bedeckt = Hauttalg + abgestossene Epithelien.

Ohrenschmalz, Cerumen.

= Secret der Ohrenschmalzdrüsen + Secret der Haarbalgdrüsen des äusseren Gehörgangs.

IX. Bestandteile des menschlichen Körpers. Stoffwechsel.

Die Bestandteile des menschlichen Körpers zerfallen in **anorganische** und **organische.**

Anorganische Bestandteile des menschlichen Körpers sind:

1) Wasser, zu 60% im Körper.

2) Salze: Chloride ($NaCl$, KCl, NH_4Cl).
Carbonate (Na_2CO_3, NaH_2CO_3, $CaCO_3$).
Phophate (Na_3PO_4, Na_2HPO_4, K_2HPO_4, $Ca_3(PO_4)_2$, $Ca(H_2PO_4)_2$).
Sulfate (Na_2SO_4, K_2SO_4)
Fluorcalcium CaF_2.

3) Säuren: HCl.

4) Metalle: Mangan, Eisen.

5) Gase: O, H, N, CO_2, CH_4, NH_3, H_2S.

Organische Bestandteile des menschlichen Körpers sind:

A) Eiweisse

B) Fette.

C) Kohlenhydrate.

Eiweisse (= Proteïnsubstanzen)

bestehen aus C, H, N, O und S (daher bei der Fäulnis der Eiweisskörper H_2S entwickelt); N ist zu 16% im Eiweiss enthalten.

Die Eiweisse sind noch nicht krystallisiert erhalten worden und kommen in 2 Modificationen vor

a) einer löslichen*)

b) einer unlösslichen.

---

*) Eiweiss in Wasser nicht eigentlich gelöst, sondern nur gequollen (= unechte Lösung); es entsteht keine ganz klare, sondern eine opalescente Flüssigkeit von zäher Consistenz = colloide Flüssigkeit. Colloide Flüssigkeiten diffun-

Eiweiss: 50% C 16% N 1% S.
23% O 7% H

Der Uebergang von der löslichen Modification in die unlösliche = Gerinnung, Coagulation.*)

In ihren Lösungen drehen die Eiweisse nach links.

Die Eiweisskörper sind unlöslich in Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzol.

Eiweiss oxydiert liefert hauptsächlich fette Säuren (Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure), daneben Benzoësäure, Benzaldehyd, Kohlensäure und auch Guanidin (steht dem Harnstoff sehr nahe).

Eiweiss + Aetzalkalien, gekocht = Ammoniak, Kohlensäure, Oxalsäure, Leucin, Tyrosin, Indol, Scatol.

Eiweis in Fäulnis (z. B. im Darm) zerfällt (ähnlich wie bei der Behandlung mit Aetzalkalien und bei der Oxydation) in Ammoniak, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Grubengas, Stickstoff, Oxalsäure, Leucin, Tyrosin, Indol, Skatol, Phenol, Brenzcatechin, Kresol, Essigsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure, Phenylpropionsäure.

Eiweiss + Trypsin (= Pancreatin = eiweissspaltendes Ferment des Pankreas) = Gase (Ammoniak, Kohlensäure) + Amidosäuren**) (Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Amidovaleriansäure).

---

dieren durch Membranen sehr schwer. Leim, Gummi Dextrin geben ebenfalls colloide Flüssigkeiten (colla: der Leim).

Ein Salz in Wasser gelöst: die Flüssigkeit ist klar, wird auch krystalloïde Flüssigkeit genannt, weil alle die Substanzen, welche sich in Wasser gut lösen, auch krystallisieren.

*) Gerinnung und Fällung sind wohl zu unterscheiden:

Fällung: Eine Substanz ist infolge Beschaffenheit (Reaction etc.) der Flüssigkeit nicht mehr löslich, sinkt zu Boden, fällt aus. Aber die Substanz ist an sich nicht unlöslich und kann jederzeit durch Zusatz geeigneter Reagentien wieder gelöst werden.

Coagulation: Die Substanz (Eiweiss) selbst ist fest, unlöslich geworden und kann durch kein Reagens wieder in die lösliche Modification zurückgeführt werden.

Nur der Magensaft löst coaguliertes Eiweiss wieder auf.

**) Amidosäuren = Aminsäuren: In den Säuren 1 H durch NH_2 (Amidogruppe) ersetzt.

$CH_3\ COOH$ = Essigsäure

$CH_2\ NH_2\ COOH$ = Amidoessigsäure.

Amine = Ammoniak, in dem 1 (od. mehrere) H durch einen einwertigen Kohlenwasserstoffrest ersetzt sind.

Also:

I) Eiweiss oxydiert = fette Säuren.

II) Eiweiss in Fäulnis = aromatische Körper*) + Gase.

III) Eiweis + Trypsin = Gase + Amidosäuren.

Diese 3 Reihen der Zersetzung finden sich im Darm des Menschen vereinigt.

Gerinnungsreactionen der Eiweisse.

1) Siedehitze coaguliert Eiweiss.
2) Eiweiss + Essigsäure + Ferrocyankalium = Coagulation.
3) Eiweiss + Metallsalze (Argentum nitricum, Sublimat) = Coagulation. (aussalzen)
4) Eiweis + Kreosot (oder Carbol) = Coagulation.

Alkohol absolutus coaguliert die Eiweisse nicht, sondern entzieht ihnen Wasser, daher kann durch Wasserzusatz die Alkoholwirkung aufgehoben werden. [Conservierung anatomischer Präparate in Alkokol].

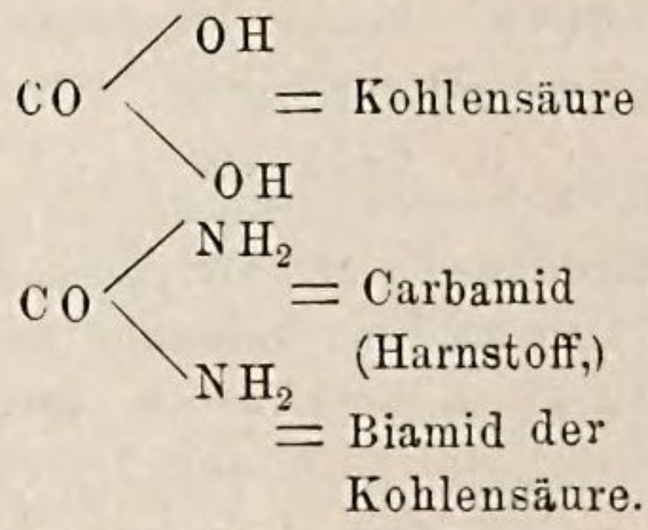
Amide = Ammoniak, in dem 1 (oder mehrere) H durch einen einwertigen Säurerest ersetzt (Säurerest = Säureradikal = Säure – OH)

oder umgekehrt = Hydroxyl einer Säure durch Ammoniakrest ersetzt.

NH_2 = Ammoniakrest (einwertig)

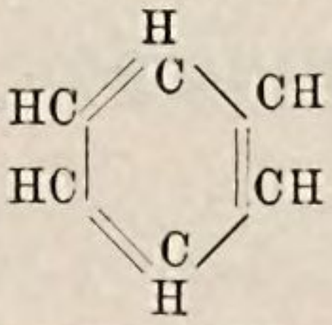
$CH_3\,CO$ = Essigsäurerest

$CH_3\,CO\,NH_2$ = Acetamid



Diamid = NH_2—H_2N = Hydrazin; die davon abgeleiteten Körper = Hydrazine.

*) Aromatische Körper = Benzolderivate

(Benzol =  = C_6H_6),

wurden zuerst aus aromatischen Oelen dargestellt.

Fettkörper = Methanderivate (Methan, Sumpfgas = CH_4), wurden zuerst beim Studium der Fette genauer bekannt.

Färbungsreactionen der Eiweisse.

1) Eiweiss + Salpetersäure, gekocht = gelb (es entsteht Xanthoproteïnsäure).

Zusatz von Ammoniak = orange-rot.

2) Eiweiss + Millons Reagenz (= salpetersaures Quecksilberoxyd + salpetrige Säure) erwärmt (über 60°) = rot.

3) Eiweiss + Kupfersulfat + Alkali, erhitzt = rot-violet.

4) Eiweiss + Rohrzucker + conc. Schwefelsäure, auf 60° erhitzt = purpurrotviolett (Pettenkofer'sche Probe).

Dieselbe Reaction geben die Gallensäuren, der Unterschied wird durch das Spektrum geliefert. Man findet bei den Eiweissen einen Absorptionsstreifen, bei den Gallensäuren 2 (bei E und F).

In den Reactionen und in der Zusammensetzung gleichen tierische und pflanzliche Eiweisse einander vollkommen.

Man teilt die Eiweisse nach besonderen chemischen Unterschieden noch ein in

I) Albumine (dazu gehört das Serumalbumin).

II) Globuline. (Dazu gehören: Serumglobulin, Myosin, Fibrinogen.)

III) Fibrine.

Acidalbumine = Albumine (oder Globuline) + verdünnte Salzsäure.

Alkalialbuminate (auch bloss Albuminate genannt) = Albumin + Ätzalkalien.

(Beispiel: Caseïn der Milch.)

Peptone = Albumine + Wasser = hydratisierte Albumine.

Hemialbumose (= Propepton) = Zwischenglied zwischen Acidalbumin und Pepton.*)

Den Eiweissen sehr nahe stehen

Die albuminoïden Körper

= Derivate des Eiweisses, den Eiweissen verwandt, werden aus den Eiweissen auf unbekannte Weise gebildet; zu ihrem

---

*) Durch den Magensaft werden die Albumine in Acidalbumine und weiter in Hemialbumose und schliesslich in Pepton verwandelt.

Ersatz bedarf es der Eiweisszufuhr. Ihre Reactionen und Zersetzungen sind denen der Eiweisse ähnlich.

Dazu gehören:

1) Mucin (Schleimstoff),
2) Glutin } Leimkörper,*)
3) Chondrin }
4) Elastin,
5) Keratin = Hornstoff (+ Neurokeratin),
6) Nucleïn (enthält Phosphorsäure).

Ferner kann man hierher rechnen:

1) Cerebrin. Protagon (= Zucker + Lecithin)**). Lecithin (s. S. 146). Cholin = Neurin $\left(C_2H_4 \begin{matrix} OH \\ \\ N(CH_3)_3\,OH \end{matrix} \right)$.
2) Fermente (des Speichels, Magensafts, Pankreassafts, Darmsaftes und der Galle).
3) Farbstoffe (Blutfarbstoffe, Gallenfarbstoffe, Harnfarbstoffe, Melanin***)).

Da die Eiweissubstanzen im Körper fortwährend zerlegt werden, um schliesslich als Ammoniakverbindungen (besonders Harnstoff) ausgeschieden zu werden, so findet man natürlich auch stets im Körper neben den Eiweissen selbst diese Zersetzungsproducte des Eiweisses.

Die Zersetzung (Rückbildung, regressive Metamorphose) des Eiweisses geschieht nicht direct, sondern durch zahlreiche Mittelglieder (Zwischenstufen zwischen Eiweiss und Ammoniak = Stoffe der regressiven Metamorphose), welche sich in den Geweben, im Darm, im Harn vorfinden.

---

*) Leimsubstanz, Nhaltig organisch, giebt beim Kochen mit Wasser Leim. Leim = weiche homogene durchsichtige Masse, schmilzt beim Erwärmen, erstarrt beim Erkalten. Leimsubstanz enthaltende tierische Teile mit Wasser erhitzt, geben Leim.

α) Collagene, geben Knochenleim = Glutin, gelatina; wird aus Knochen (auch aus Sehnen, Bindegewebe, Haut) dargestellt.

β) Chondrogene, geben Knorpelleim = Chondrin, aus Knorpel dargestellt.

**) Protagon = Glykosid. Glykosid = Zucker + noch etwas.

***) Melanin ist in der Choroides und Iris enthalten.

Solche Zersetzungsproducte*) des Eiweisses sind:

Kreatin = Methyluramidoessigsäure $C(NH_2)(NH)(N(CH_3)-CH_2\,COOH)$,

Kreatinin = Kreatin — Wasser = $C(NH)(NH)(N(CH_3)-CH_2-CO)$

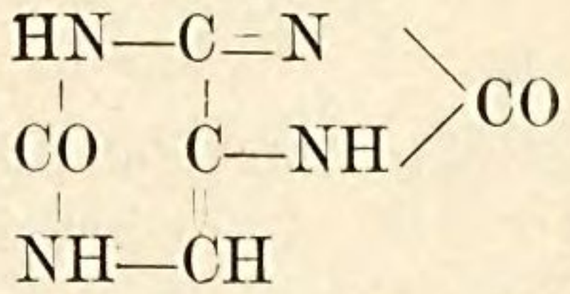
= Methylderivat des Glycocyanidins (siehe nachher Guanidin),

Sarkosin = Methylglycocoll = $CH_2\,NH(CH_3)-COOH$

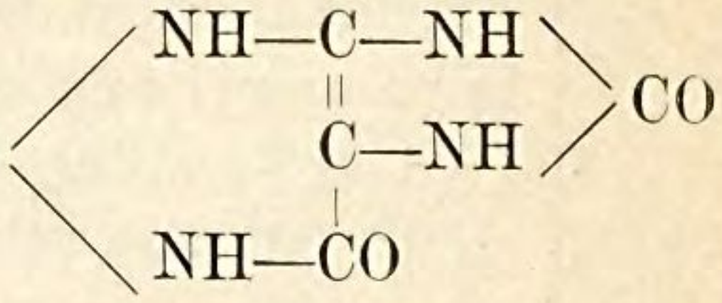
Kreatin + Wasser = Harnstoff + Sarkosin.

Sarkin = Hypoxanthin, $C_5\,H_4\,N_4\,O$.

Xanthin $C_5\,H_4\,N_4\,O_2$ =



Harnsäure $C_5\,H_4\,N_4\,O_3$ =



Allantoïn $CO(NH\,CH\,NH)(NH\,CO\,NH_2)CO = C_4\,H_6\,N_4\,O_3$

Guanin $C_5\,H_5\,N_5\,O$ (Guanin + salpetrige Säure = Xanthin)

Guanidin $CN_3\,H_5 = C(NH_2)(NH)(NH_2)$

wird 1 H der Essigsäure durch Guanidinrest

NH_2

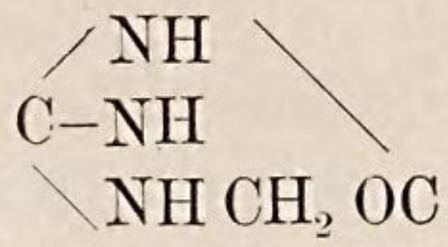
ersetzt: C NH

$NH.\,CH_2\,COOH$ = Glycocyanin

---

*) Früher gebrauchte man häufig den Namen: Extractivstoffe = organische nicht krystallisierbare, durch Wasser, Alkohol, Aether auflösbare und ausziehbare Bestandteile pflanzlicher oder tierischer Substanzen oder Flüssigkeiten, die sich nicht mehr trennen lassen = diejenigen Stoffe, welche nach Entfernung von Salzen, Fett, Eiweiss, Kohlenhydraten zurückbleiben. (Bezeichnung „Extractivstoffe“ = ungenügende Kenntnis dieser Substanzen.) Aus diesem Sammelbegriff sind immer mehr organische Verbindungen rein ausgeschieden worden (Kreatin, Kreatinin, Xanthin, Hypoxanthin, Guanin, Taurin, Glycocoll etc.). Die Zahl der Extractivstoffe hat sich immer mehr verkleinert, jetzt ist nur noch kleiner Bruchtheil übrig·

Glycocyanin — H_2O = Glycocyanidin.



Heteroxanthin = Methylxanthin, $C_6\ H_6\ N_4\ O_2$
Paraxanthin = Dimethylxanthin, $C_7\ H_8\ N_4\ O_2$
Carnin $C_7\ H_8\ N_4\ O$ + Salpetersäure = Sarkin.
Adenin $C_5\ H_5\ N_5$
Harnstoff $CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}$
Inosinsäure $C_{10}\ H_{14}\ N_4\ O_{11}$

Amido-säuren:

Glycin = Glycocoll = Amidoessigsäure $\begin{matrix}CH_2\ NH\\COOH\end{matrix}$

Leucin = Amidocapronsäure

Capronsäure = $CH_3\ (CH_2)_3\ (CH_2)\ COOH$

Amidocapronsäure = $CH_3\ (CH_2)_3\ (CH\ NH_2)\ COOH$

Asparaginsäure = Amidobernsteinsäure

Bernsteinsäure $\begin{matrix}CH_2\text{–}COOH\\CH_2\text{–}COOH\end{matrix}$

Amidobernsteinsäure $\begin{matrix}CH\ (NH_2)\text{–}COOH\\CH_2\text{–}COOH\end{matrix}$

Glutaminsäure $CH_2\begin{matrix}CH\ (NH_2)\ COOH\\CH_2\ COOH\end{matrix}$

Cystin $CH_3 - C\begin{matrix}NH_2\\SH\\COOH\end{matrix}, C_3\ H_7\ NSO_2$

Cystin reduciert = Cysteïn

Cysteïn = Amidothiomilchsäure

$= CH_3\ C\begin{pmatrix}SH\\NH_2\end{pmatrix}COOH$

Taurin = Amidoaethylsulfosäure

$C_2\ H_4\begin{matrix}NH_2\\SO_2\ (OH)\end{matrix}$

Tyrosin = Parahydro oxyphenyl amido propionsäure

$C_6\ H_4\begin{matrix}OH\\CH_2\ CH\ (NH_2)\ COOH\end{matrix}$

Aromatische Körper:

- Phenol = $C_6 H_5 OH$
- Kresol = $C_6 H_4 \begin{cases} CH_3 \\ OH \end{cases}$
- Brenzcatechin = $C_6 H_4 (OH)_2$ (auch Pyrocatechin genannt)
- Indol = $C_6 H_4 \begin{cases} CH \\ NH \end{cases} \!\!> CH = C_8 H_7 N$
- Indoxyl = $C_6 H_4 \begin{cases} C(OH) \\ NH \end{cases} \!\!> CH = C_8 H_7 NO$
- Indoxylschwefelsäure = $C_8 H_6 NO HSO_3$.
- Skatol = Methylindol = $C_9 H_9 N$.

Phenylpropionsäure $CH_2{-}C_6 H_5{-}CH_2 COOH$.*)

Der menschliche Körper (die menschliche Zelle) vermag nicht Eiweiss zu bilden; alles im Körper enthaltene Eiweiss ist von aussen (Nahrung) zugeführt. Die Pflanzen dagegen producieren aus den ihnen zugeführten Amidoproducten und Wasser und Kohlensäure die Eiweissubstanzen.

Fette.

Glycerin $C_3 H_5{-}\begin{cases} OH \\ OH \\ OH \end{cases}$ = 3 atomiger Alkohol

Fettsäuren:

- Palmitinsäure $C_{16} H_{32} O_2$
- Stearinsäure $C_{18} H_{36} O_2$
- Oelsäure $C_{18} H_{34} O_2$ (ist keine Fettsäure, aber in ihren Verbindungen den Fettsäuren ähnlich).

[Fettsäuren = gesättigte Säuren, Formel: $C_n H_{2n} O_2$.

Oelsäuren = ungesättigte Säuren, Formel: $C_n H_{2n-2} O_2$.]

Die flüchtigen Fettsäuren besitzen einen stechenden, unangenehmen (= ranzigen) Geruch.

$C_{16} H_{31} O$ = Palmitinsäure — OH.

= Palmitinsäurerest (Palmitinsäureradikal), einwertig.

$C_{16} H_{31} K O_2$ = Palmitinsaures Kalium

= fettsaures Alkali = Seife.

---

*) Propionsäure $CH_3 CH_2 COOH$, Phenylgruppe $C_6 H_5$

$C_3 H_5 \begin{cases} O\ C_{16}\ H_{31}\ O \\ O\ C_{16}\ H_{31}\ O \\ O\ C_{16}\ H_{31}\ O \end{cases}$ = Triglycerid*) = neutrales Fett (Palmitin oder auch Tripalmitin genannt).

Man unterscheidet die Fette ihrer Consistenz nach in

1) Flüssige Fette = fette Öle.**)
2) Feste Fette = Talg.
3) Fette von butterartiger Consistenz = Schmalz.

Das menschliche Fett ist ein Gemenge von Triglyceriden und besteht hauptsächlich aus Tripalmitin, Tristearin, Triolein.

$$C_3 H_5 \begin{cases} O\ C_{16}\ H_{31}\ O \\ O\ C_{16}\ H_{31}\ O \\ O\ C_{16}\ H_{31}\ O \end{cases} + 3\,KHO = C_3 H_5 (OH)_3 + 3\,C_{16} H_{31} KO_2$$

Fett + Alkali = Glycerin + Seife.

*) Alkohol = $C_2 H_5 OH$ (= Aethylalkohol).
Alkoholradical (Alkoholrest) = $C_2 H_5$ (auch = Kohlenwasserstoffrest, wenn man von $C_2 H_6$ ausgeht).

Aether = Oxyde der Alkoholradicale.

$\begin{matrix} C_2 H_5 \\ C_2 H_5 \end{matrix} \Big\rangle O$ (oder auch = 2 Alkohole $- H_2 O$ = Anhydrit von 2 Alkoholen).

Man unterscheidet:

α) einfache Aether

2 gleiche Alkoholradicale an O gebunden $\begin{matrix} C_2 H_5 \\ C_2 H_5 \end{matrix} \Big\rangle O$

β) Gemischte Aether

2 verschiedene Alkoholradicale an O gebunden

$\begin{matrix} C_2 H_5 \\ CH_3 \end{matrix} \Big\rangle O$ = Metyläthyläther $\left(\begin{matrix} C_2 H_5 OH \text{ Aethyalkohol} \\ C H_3 OH \text{ Methylalkohol} \end{matrix}\right)$

γ) Zusammengesetzte Aether (= Ester)

1 Alkoholradikal
1 Säureradikal } an O gebunden

z. B. $\begin{matrix} C_2 H_5 \\ CH_3 CO \end{matrix} \Big\rangle O$; $C_2 H_5 OH$ = Aetylalkohol ; $CH_3 COOH$ = Essigsäure ; man kann die Verbindung auch so auffassen, dass in $C_2 H_5 OH$ das H des OH durch das Säureradikal $CH_3 CO$ ersetzt ist.

Wenn man im Glycerin 1, 2 oder 3 H des OH durch Säureradicale ersetzt, erhält man Mono-, Di-, Triglyceride.

Fette = Triglyceride = Fettsäure—Glycerinäther.

**) Es giebt nämlich

α) fette Oele = flüssige Fette und

β) ätherische Oele = Benzolderivate, auch flüchtige Oele genannt.

Bei Behandlung der Fette mit einem Alkali entsteht also eine Seife = Verseifungsprocess der Fette.

Fett, der Fäulniss überlassen (oder durch Wirkung des pankreatischen Saftes) zerfällt unter Wasser-Aufnahme in Glycerin und freie Fettsäuren.

$$\begin{array}{rcl} O\,C_{16}\,H_{31}\,O + H_2\,O & & O\,H \quad C_{16}\,H_{32}\,O_2 \\ C_3\,H_5\,O\,C_{16}\,H_{31}\,O + H_2\,O & = & C_3\,H_5\,O\,H + C_{16}\,H_{32}\,O_2 \\ O\,C_{16}\,H_{31}\,O + H_2\,O & & O\,H \quad C_{16}\,H_{32}\,O_2 \end{array}$$

Ein so teilweise zersetztes Fett (= Fett und Fettsäure und Glycerin) = **ranziges Fett.** (Der ranzige Geruch rührt von den freien Fettsäuren her).

Fette und Fettsäuren sind in Wasser unlöslich.

Die Seifen sind in wenig Wasser klar löslich, durch viel Wasser erleiden sie eine Zersetzung in Fettsäure und Alkali (auf diesem frei werdenden Alkali beruht die Wirkung der Seife: das Alkali erweicht und lockert den Zusammenhang der äusseren Epidermislagen, löst die auf der Haut befindlichen Produkte der Talgdrüsensecretion ab).

Im Darm erfahren die Fette 3 Arten von Einwirkung:

1) Pankreatischer Saft,
2) Fäulnis,
3) Alkali der im Dünndarm vorhandenen Secrete.

Daher entstehen im Dünndarm fette Säuren, Seifen und Glycerin. Die Fettsäuren werden nur zum geringen Teil mit mit den Faeces ausgeschieden, zum grössten Teil resorbiert, zu CO_2 und $H_2\,O$ oxydiert; nur eine kleine Menge entgeht der Oxydation und erscheint im Harn.

---

verflüchtigen sich sehr schnell an der Luft), kommen in fast allen Pflanzen vor und sind die Ursache der Gerüche der verschiedenen Pflanzen.

Die ätherischen Oele, bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, zerfallen in

1) Terpene, haben die Zusammensetzung $(C_5\,H_8)_n$ enthalten keinen Sauerstoff.
2) Camphene (Campherarten) von der Zusammensetzung $C_{16}\,H_{17}\,O\,H$. also Sauerstoffhaltig.

Fette Oele und ätherische Oele mischen sich unter einander in allen Verhältnissen.

Das Glycerin ist in Wasser löslich, zerfällt durch Einwirkung der Fäulnis in Propionsäure, Bernsteinsäure, Wasserstoff und Kohlensäure.

Der Gesamtfettbestand des Körpers schwankt zwischen 10–20%; die Haupt-Fettreservoire des Körpers sind: Unterhautfettgewebe, Knochenmark, Nierenfett, Mesenterium (Gekröse).

Sehr reichliche Fettentwicklung = Polysarcie, Obesitas.

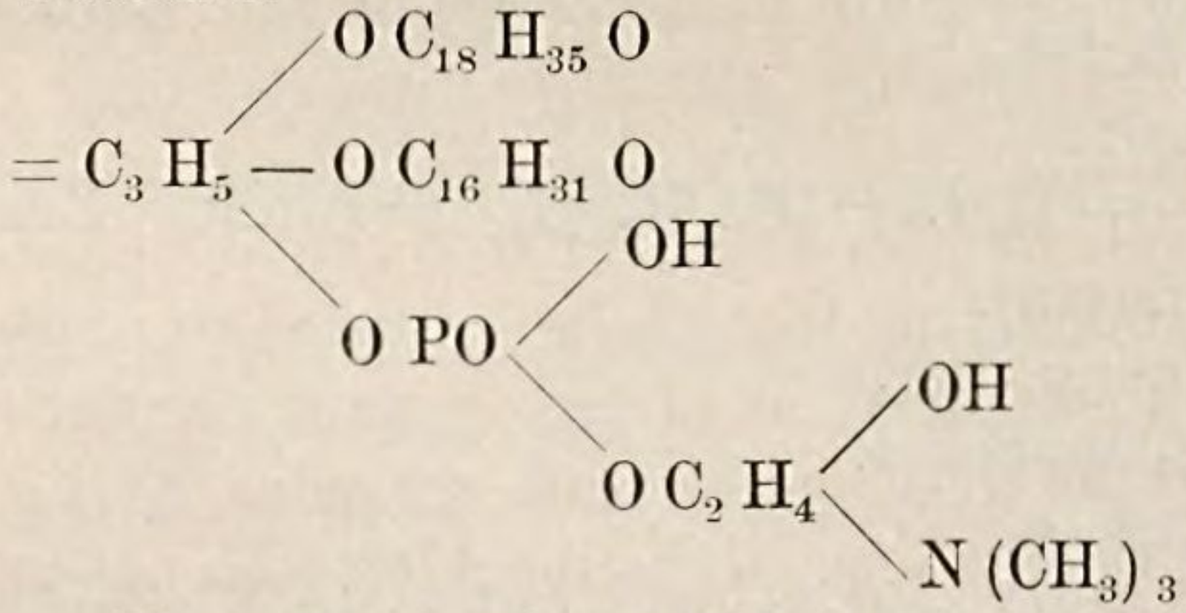
Das Fettgewebe enthält

87% reines Fett,
10% Wasser,
3% Eiweiss.

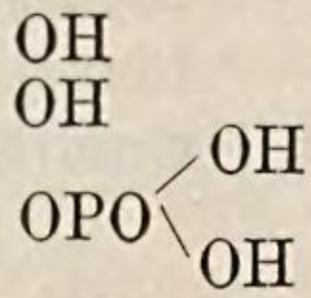
Die Fette werden im menschlichen Körper nicht gebildet, sondern mit der Nahrung eingeführt.*) Das mit der Nahrung eingeführte Fett wird teils zu CO_2 und H_2O oxydiert, teils gelangt es zum Ansatz.

Zu erwähnen sind noch:

1) Cholsäure $C_{24} H_{40} O_5$ = Benzoësäure, in welche ein der Ölsäure ähnlicher Atomencomplex eingefügt ist.
2) Lecithin



= Glycerin, in dem 1 H durch den Stearinsäurerest, 1 H durch den Palmitinsäurerest, 1 H durch den Phosphorsäurerest ersetzt ist; in dem Phosphorsäurerest ist an die Stelle eines H der Neurinrest (= Neurin-OH) getreten.



= Glycerin + Phosphorsäure — Wasser.

*) Da beim Eiweisszerfall fette Säuren entstehen, so kann der Körper zwar auch aus Eiweiss, nie jedoch synthetisch aus C, H, O (aus anorganischen Substanzen) Fett erzeugen.

Durch Kochen mit Säuren zerfällt das Lecithin in Neurin, Glycerinphosphorsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure.

3) Cholestearin, $C_{26} H_{43} (OH)$ ist ein Alkohol, ein constanter Bestandteil der Galle (siehe dieselbe). Überall wo fettige Massen innerhalb einer abgeschlossenen Höhle, welche dem Stoffwechsel weniger zugängig ist, längere Zeit liegen, scheidet sich aus dem Fett Cholestearin ab.

Kohlenhydrate.

$C_6 H_{14} O_6 = C_6 H_8 (OH)_6$ = Mannit = sechswertiger Alkohol der VI. Reihe.

Dazu gehört der Aldehyd

$C_6 H_{12} O_6$ = Kohlenhydrat (enthält Kohle und Wasser, d. h. H und O in dem Verhältnis wie im Wasser).

Die Zusammensetzung $C_6 H_{12} O_6$ haben die sog. Glykosen:

Traubenzucker (= Dextrose),
Fruchtzucker (= Laevulose),
Galactose,
Inosit.

$2 C_6 H_{12} O_6 - H_2 O = C_{12} H_{22} O_{11}$ (= wahre Zuckerarten, Disaccharate, Biosen).

Es sind: Rohrzucker,
Milchzucker,
Maltose.

$C_6 H_{12} O_6 - H_2 O = C_6 H_{10} O_5$ (oder ein Vielfaches davon, = Polysaccharate).

Die Zusammensetzung $C_6 H_{10} O_5$ haben:

Stärke (Amylum),
Glykogen,
Inulin,
Gummiarten
1) Dextrin,
2) Arabin,
3) Bassorin,
4) Pectin,
Cellulose.

Als Bestandteile des menschlichen Körpers sind gefunden worden: Traubenzucker, Milchzucker, Glykogen, Inosit.

Die Kohlenhydrate entstehen nicht im menschlichen Körper, sondern werden nur in den Pflanzen (aus C, H, O synthetisch) gebildet und werden mit der Nahrung in den Körper eingeführt.*)

Stärke, Amylum, ist in sehr vielen Pflanzenteilen enthalten, in diesen in Form concentrisch geschichteter Körnchen (sogenannter Stärkekörnchen) vorhanden. Stärke ist in Wasser nicht löslich, mit Wasser von 50° C. bildet Stärke eine schleimige Lösung = Stärkekleister.

Stärke + Jod = blau.

Stärke + Diastase**) bei 65°: Die Stärke wird in Dextrin und weiter in Traubenzucker verwandelt.

Stärke + Ptyalin (= Ferment des Speichels) bei 37°: die Stärke wird in Dextrin und weiter in Traubenzucker verwandelt.

$$4\,C_6H_{10}O_5 + 3\,H_2O = C_6H_{10}O_5 + 3\,C_6H_{12}O_6$$

Stärke Dextrin Traubenzucker.

Glykogen, (auch Leberstärke genannt) findet sich in der Leber, in den Muskeln; löst sich in Wasser. Glykogen wird durch Fermentwirkung in Maltose umgewandelt. Glykogen + I = rotbraun.

Cellulose, bildet die Zellwandung aller Pflanzen***) ist in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich, löst sich aber in ammoniakalischer Lösung von Kupferoxyd. Durch concentrierte Schwefelsäure wird Cellulose in Dextrin und weiter in Traubenzucker übergeführt. Im Darm zerfällt Cellulose durch Gährung

---

*) Doch können in menschlichen Körper aus den Eiweissen Kohlenhydrate gebildet werden, indem die Kohlenhydrate als Zerfallsproducte des Eiweisses auftreten.

**) Beim Keimen von Gerste (keimende Gerste = Malz) und anderen Körnerfrüchten entwickelt sich aus dem Pflanzenfibrin ein Ferment, Diastase, (Diastase umstellen, umwandeln), welches Stärke in Zucker umwandelt; daher allgemein diastatische Fermente = solche Fermente, die Stärke in Zucker umwandeln.

***) Die pflanzliche Zelle besteht aus Protoplasma und Kern; in den peripherischen Schichten verdichtet sich das Protoplasma zu einer Art Hülle, Primordialschlauch genannt. Um diesen Primordialschlauch liegt aussen noch eine zweite aus Cellulose bestehende Membran.

in Gase (Kohlensäure, Grubengas) und flüchtige Fettsäuren (Essigsäure, Buttersäure).

Diejenigen Tiere, welche viel pflanzliche, Cellulose haltende Nahrung zu sich nehmen (die Wiederkäuer), besitzen besondere Einrichtungen, um die Cellulose zu verdauen:

a) das Wiederkäuen, wodurch mechanisch die Cellulose-Hülle gesprengt und Zellinhalt frei gegeben wird.

b) Einen vierfachen Magen, der über einen hedeutende Muskelkraft verfügt und ausgedehnte Gährungsprocesse zu Stande kommen lässt, denen die Cellulose unterliegt.

Dextrin, = Zwischenprodukt zwischen Stärke und Traubenzucker, dreht rechts (daher der Name), bildet mit Wasser eine klebende Lösung.

Arabin, arabisches Gummi, Pflanzengummi, fliesst aus vielen Pflanzen flüssig aus, erstarrt zu einer durchsichtigen glasartigen Masse, die sich in Wasser klar auflöst.

Arabin + verdünnte Säuren = Zucker.

Bessorin und **Pektin** = Pflanzenschleime, quellen mit Wasser zu einer schleimigen gallertigen Flüssigkeit auf.

Milchzucker, Lactose, findet sich im Secret der Brustdrüse, löst sich in Wasser, dreht rechts.

Fruchtzucker, Laevulose, findet sich in den süssen Früchten, löst sich in Wasser, dreht links (laevus = links).

Rohrzucker, Saccharose, wird im Zuckerrohr, in der Runkelrübe gefunden, ist in Wasser löslich, dreht rechts.

Maltose, entsteht bei der Einwirkung von Diastase auf Stärke neben Dextrin und Traubenzucker. Maltose ist dem Traubenzucker sehr ähnlich, dreht rechts.

Invertzucker = Dextrose + Laevulose.

Galactose entsteht aus Milchzucker beim Kochen mit verdünnten Säuren, ist in Wasser schwer löslich, dreht rechts.

Inosit findet sich in den Muskeln. Leber, Milz, Niere, Gehirn in spärlicher Menge, ist in Wasser löslich.

Inulin steht zwischen Amylum und Dextrin, ist in heissem Wasser löslich. Beim Kochen mit Wasser wird es in Fruchtzucker verwandelt.

Traubenzucker findet sich in Trauben, Pflaumen, Kirschen, Datteln; im Blut, in den Muskeln und im Harn,*) ist in Wasser löslich, dreht die Polarisationsebene nach rechts (= Mittel zum Nachweis des Traubenzuckers in einer Flüssigkeit), wirkt in alkalischer Lösung stark reducierend; auf diesem letzten Prinzipe beruhen die folgenden Zuckerproben:

I. Trommer'sche Probe: $CuSO_4 + 2\,NaOH = Na_2SO_4 + Cu(OH)_2$. $Cu(OH)_2$ Kupferoxydhydrat = blauer voluminöser Niederschlag. Erhitzt man Kupferoxydhydrat, so giebt es Wasser ab, es entsteht schwarzes Kupferoxyd CuO. Ist aber Zucker in der Lösung, so entsteht nicht CuO, sondern rotes Kupferoxydul Cu_2O.

[Zur schnelleren Ausführung der Probe benutzt man eine nach feststehenden Zahlenangaben zusammengestellte, sogleich zur quantitativen Bestimmung des Zuckers geeignete alkalische Kupfersulfatlösung, die sogenannte Fehling'sche Lösung].

II. Böttger'sche Probe: Zucker + Natroncarbonat (= Soda = Alkali) + salpetersaures Wismuthoxyd (weisses Pulver), erhitzt = schwarzer Niederschlag von reduciertem Wismuth.

[Nylander'sche Lösung = nach bestimmten Zahlenangaben zusammengestellte alkalische Lösung von salpetersaurem Wismuthoxyd].

III. Mulder'sche Probe: Zucker + Natroncarbonat + Indigolösung, erhitzt = Entfärbung der Indigolösung (es entsteht Indigoweiss).

Traubenzuckerlösung + Natronlauge, gekocht = gelblichbraune Färbung (der Traubenzucker wird zersetzt) = Moore'sche Probe.

Gährung = durch Fermente bewirkte Zersetzung organischer Stoffe.

---

*) Reichlicheres Auftreten von Traubenzucker im Urin = Zuckerharnruhr, Diabetes, verbunden mit Ausscheidung ungewöhnlich grosser Harnmengen und Abmagerung des befallenen Individuums.

(*διαβαίνω* hindurch gehen: die Alten waren der Ansicht, dass das genossene Getränk unverändert durch den Körper hindurchgehe und in den Nieren zur Ausscheidung gelange.)

Eine besondere Art der Gährung ist die faulige Gährung = Fäulnis = Zerlegung stickstoffhaltiger (Eiweiss) Substanzen, wobei gasige übelriechende Producte*) in grösserer Menge gebildet werden (besonders bei beschränktem Luftzutritt starke Fäulnis; bei reichlichem Luftzutritt Fehlen dieser Gerüche = rasche, sehr vollständige, wenig Geruch verbreitende Zersetzung = Verwesung).

Die Kohlenhydrate können mit nur geringen Ausnahmen Gährungen unterliegen; als Beispiel diene der Traubenzucker, er erleidet die

1) Weinige (Alkoholische) Gährung, durch Hefe bei 25°; er zerfällt nach folgender Gleichung:

$$C_6 H_{12} O_6 = 2C_2 H_5 OH + 2CO_2$$

Traubenzucker — Alkohol — Kohlensäure

2) Milchsäuregährung.
Durch Bacterium lacticum (Aërobe) bei 30—35° C.
$C_6 H_{12} O_6 = 2 C_3 H_6 O_3$ (Milchsäure). Man nimmt dazu faulen Käse, der bacterium lacticum enthält. Diese Art der Gährung erleidet der Traubenzucker auch im menschlichen Magen. Daher enthält der Magen nach der Mahlzeit stets Milchsäure, welche, wenn sie in zu grossen Mengen vorhanden ist, unangenehm wirkt (= Sodbrennen, Pyrosis, πῦρ das Brennen).

3) Buttersäuregährung.
durch Bacillus butyricus (Anaërobe) bei 30—35° C.

$$C_6 H_{12} O_6 = C_4 H_8 O_2 + 2CO_2 + 2H_2$$

(Buttersäure).

Setzt man faulen Käse zur Traubenzuckerlösung hinzu, so entsteht in einigen Tagen die Milchsäuregährung und dann später in mehreren Wochen die Buttersäuregährung.

4) Schleimige Gährung.
durch Heubacillus (Bacillus subtilis) bei 36°.
Dabei entstehen Milchsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure, Mannit, Kohlensäure.

---

*) Neben den gasigen Producten entstehen die sogenannten Ptomaïne = Cadaveralkaloide (πίπτω fallen, πτῶμα = der Leichnam).

Bei der Gährung des Traubenzuckers (und der Kohlenhydrate überhaupt) entwickeln sich also fette Säuren (Buttersäure etc.); es können innerhalb des Körpers aus den Kohlenhydraten Fette entstehen. Soweit die Kohlenhydrate im Körper nicht durch Gährungsprocesse zersetzt werden, werden sie zu Kohlensäure und Wasser oxydiert.

Lässt man Stutenmilch gähren, so zerfällt der darin enthaltene Milchzucker in Alkohol, Kohlensäure, Milchsäure (= alkoholische- und Milchsäure-Gährung gemischt), das so entstandene Getränk heisst Kumys.

Die Säuren, welche bei der Gährung der Kohlenhydrate entstehen, können ihrerseits wiederum Gährungen unterliegen, z. B.:

Milchsäure, zerfällt in Propionsäure, Essigsäure, Kohlensäure, Wasser.

Aehnlich verhalten sich:

Weinsäure, liefert fette Säuren (Essigsäure, Buttersäure, Propionsäure) und Gase (Kohlensäure, Wasser).

Citronensäure, giebt Essigsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure.

Der menschliche Körper nimmt fortwährend Stoffe auf (O durch die Lungen, Nahrungsmittel durch die Verdauungsorgane), verwertet*) die eingeführten Substanzen und scheidet dafür andre Substanzen aus (CO_2 durch die Lungen, Harn durch die Niere, Schweiss durch die Haut, Kot durch die Verdauungsorgane.) Im menschlichen Körper findet also fortwährend ein Umsatz des Stoffes statt = Stoffwechsel des menschlichen Körpers.

Der Stoffwechsel umfasst also:

1) Die Zufuhr von Stoffen.
2) Die Abgabe von Stoffen.
3) Die Bestandteile des menschlichen Körpers = diejenigen Stoffe, die trotz des fortwährenden Wechsels constant bei der Untersuchung im menschlichen Körper vorgefunden werden.

---

*) Assimilation, Gleichmachung, Einverleibung = Umwandlung aufgenommener Nahrungssubstanzen in integrierende Gewebsbestandteile.

$$\text{Bilanz des Stoffwechsels} = \frac{\text{Zufuhr}}{\text{Abgabe}}$$

Gleichgewicht des Stoffwechsels = Es wird ebensoviel aufgenommen wie ausgeschieden (das Körpergewicht bleibt unverändert).

Eine Uebersicht über den Stoffwechsel wird gewonnen durch chemische Analyse: Man bestimmt, wieviel an C, H, N, O, Wasser und Salzen in den Körper eingeführt und wieviel ausgeschieden worden ist.

1) C wird zum grössten Teil (90 %) als CO_2 durch Lunge und Haut ausgeatmet, und nur zum geringen Teil (10 %) in organischen Verbindungen des Harnes und Kotes ausgeschieden.

2) H verlässt hauptsächlich zu H_2O verbrannt den Körper.

3) N gelangt fast vollständig als Harnstoff zur Ausscheidung; ein ganz kleiner Bruchteil findet sich im Kot, in den übrigen N-haltigen Harnbestandteilen und im Schweiss.

4) O wird hauptsächlich als CO_2 und H_2O aus dem Körper entfernt.

5) Das Wasser wird durch Harn, Kot, Lungen, Haut ausgeschieden. 2 l ½ l 1 l

6) Die Salze verlassen den Körper durch Harn und Kot.

Da aller N in der festen Form der Nahrung (Eiweisse) aufgenommen und als Harnstoff im Harn ausgeschieden wird, so ist die Berechnung des aufgenommenen und ausgeschiedenen N am einfachsten und genauesten und giebt am leichtesten eine schnelle Uebersicht über den Zustand des allgemeinen Stoffwechsels.

Vermittelst genau durchgeführter Stoffwechselversuche erkennt man, welche Stoffe zur Ernährung des Menschen erforderlich sind, und in welchem Verhältnis sie eingeführt werden müssen.

Zur Ernährung des Menschen sind nötig:

Wasser, Salze, Eiweisse, Fette, Kohlenhydrate = diejenigen Stoffe, aus denen der Körper zusammengesetzt ist. Der menschliche Körper ist nicht im Stande, sich aus eingeführten anorganischen Substanzen die ihm nötigen organischen zusammenzusetzen.

Verhalten des Stoffwechsels unter verschiedenen Umständen.

I) Hungerzustand (= Inanition, Carenz).

Trotzdem keine Stoffzufuhr statthat, wird der Stoffverbrauch nicht aufgehoben, vielmehr zehrt nun der Körper von seiner eigenen Substanz und erleidet infolgedessen einen Gewichtsverlust. Atmung und Herzthätigkeit (beides Muskelarbeit) bedürfen der Verbrennungswärme, und diese wird durch Oxydation von Körpereiweiss und Körperfett geliefert.

Während der Inanition verliert der Körper hauptsächlich Fettgewebe und Muskulatur.

Wenn das Körpergewicht auf etwa $^2/_3$ des Anfangsgewichts gesunken ist, dann fällt die Körpertemperatur bis auf 26° C. und der Tod (= Hungertod) tritt (etwa nach 14 Tagen) ein.*)

II) Reine Eiweisszufuhr. (Fleisch enthält 21% Eiweiss.)

Zwar wird durch vermehrte Eiweisszufuhr auch der Eiweisszerfall gesteigert, aber trotzdem kann durch reine Eiweisskost (1500—2000 gr Eiweiss pro Tag) das Stoffwechselgleichgewicht hergestellt werden. Schliesslich kann sogar durch hinreichende Mengen zugeführten Eiweisses Fettansatz bewirkt werden (213 Teile Eiweiss sind gleichwertig, isodynam 100 T. Fett). Reine Fleischnahrung widersteht sehr bald.

III) Leimzufuhr.

Leim wird im Körper sehr schnell und vollständig zu CO_2 und Harnstoff zersetzt und schützt dadurch einen Teil des Eiweisses vor dem Zerfall. Der Eiweisszerfall wird also herabgesetzt, jedoch nicht ganz aufgehoben. Leim = Eiweissparer.

IV) Zufuhr von Fetten + Kohlenhydraten.

Eiweisszerfall weder durch zugeführte Fette noch durch Kohlenhydrate verhindert. Der Körper verliert bei eiweissfreier

---

*) Während der Inanition stockt die Absonderung der Verdauungssäfte; es treten Delirien auf, die sogenannten Inanitionsdelirien: infolge der allgemein darniederliegenden Ernährung leidet auch die Ernährung des Gehirns und die Ausübung seiner Functionen.

(inanis: leer, nüchtern, hungrig. careo: leer, hungrig sein. deliro: irre reden, faseln.)

1 Fett = 2,1 Eiweiss = 2,4 Kohlehydrat.

Kost ebensoviel Eiweiss wie bei absolutem Hungern. Zufuhr von Eiweiss ist also unbedingt erforderlich.

V) Zufuhr von Eiweiss + Fett.

Bei gleichzeitiger Einfuhr von Eiweiss und Fett ist das Fett = Eiweissersparend; es bedarf also viel geringerer Eiweisszufuhr als bei reiner Eiweissnahrung; es erfolgt leichter Eiweissansatz.

VI) Zufuhr von Eiweiss + Kohlenhydrate.

Kohlenhydrate bewirken eine Ersparnis im Eiweiss- und Fettumsatz. (100 gr Fett gleichwertig 240 gr Kohlenhydrate.) Um Eiweissansatz hervorzurufen, sind Kohlenhydrate besser geeignet als Fette.

VII. Wasserzufuhr.

Wird mehr Wasser eingeführt, so wird auch mehr Wasser abgegeben, die Menge des ausgeschiedenen Harns und auch des Harnstoffs wird vermehrt = bessere Auslaugung der Gewebe.

VIII. Alkoholzufuhr.

Alkohol in kleinen Dosen = Eiweiss- und Fettsparer.

IX. Muskelthätigkeit

verändert den Eiweissumsatz nicht; bei der Arbeit werden wesentlich Fette verbraucht, dafür müssen Fette (resp. gleichwertige Mengen Kohlenhydrate) zugeführt werden.

Fettansatz wird also begünstigt durch

a) geringe Muskelthätigkeit (Fett weniger zersört),

b) überflüssige Zufuhr von Fetten, Kohlenhydraten, Alkoholica (= Fettsparer).

Am besten für den Körper ist die gleichzeitige Einfuhr von Eiweiss, Fett und Kohlenhydraten.

Kostmaass = Angabe, wieviel innerhalb 24 Stunden von den einzelnen Nährstoffen eingeführt werden muss, um den Körper auf seinem Bestande zu erhalten:

3000 gr Wasser,
100 gr Eiweiss, 120
100 gr Fett, 80
400 gr Kohlenhydrate. 300-400

X. Tierische Wärme.

Physikalische Bemerkungen.

Wärme = Bewegungszustand der kleinsten Teile der Materie; daher kann Wärme in Bewegung und Bewegung in Wärme übergehen.

1 Calorie = diejenige Wärmemenge, welche zugeführt werden muss, um 1 gr Wasser*) von 0^0 auf 1^0 C zu erwärmen.

Wenn 1 gr Wasser von 1^0 auf 0^0 C abgekühlt wird, giebt es diese eine Calorie wieder an die Umgebung ab**); 1 gr Wasser von 1^0 C enthält also 1 Calorie in sich = Wärmecapacität [Wärmecapacität = diejenige Wärmemenge, d. h. diejenige Zahl Calorien, welche ein Körper in sich enthält]. 10 gr Wasser von 1^0 C enthalten 10 Calorien und können diese jederzeit abgeben; also Wärmecapacität von 10 gr Wasser von 1^0 C = 10 Calorien.

Wärmecapacität von 10 gr Wasser von 7^0 C = 70 Calorien.

Um 1 gr Eisen von 0^0 auf 1^0 C zu erwärmen, sind 0,1 Calorie nötig (= specifische Wärme = diejenige Wärmemenge, diejenige Zahl von Calorien, welche zugeführt werden muss, um 1 gr einer Substanz von 0^0 auf 1^0 C zu erwärmen).

1 gr Eisen von 1^0 C giebt beim Abkühlen auf 0^0 C 0,1 Calorie ab = Wärmecapacität. Eisen hat also eine bedeutend geringere Wärmecapacität als Wasser.

---

*) 1 gr = Gewichtseinheit; andere nehmen dafür 1 kg und bezeichnen somit als 1 Calorie (grosse Calorie, Kilogrammkalorie) diejenige Wärmemenge, deren Zufuhr man zur Erwärmung von 1 kg benötigt.

**) Calorimeter = Instrument zur Messung der abgegebenen Wärmemenge, der abgegebenen Calorien.

Der menschliche Körper, an Wasser sehr reich, hat eine specifische Wärme von 0,83 (im Mittel),*) (d. h. um 1 gr menschlichen Körpers von 0^0 auf 1^0 C zu erwärmen, bedarf es 0,83 Calorien) und daher auch eine ziemlich bedeutende Wärmecapacität.

Das Gewicht des menschlichen Körpers beträgt im Mittel 60—70 kg = 60 000—70 000 gr, die Temperatur 37^0 C, die spec. Wärme 0,83, also die Wärmecapacität des menschlichen Körpers (65 000 . 37 . 0,83) = ca. 2 000 000 Calorien (so viel Wärme enthält der menschliche Körper in sich aufgespeichert).

Durch Zufuhr von Wärme wird nicht nur die Temperatur der Körper erhöht, sondern auch ihr Aggregatzustand geändert, indem z. B. der vorher flüssige Körper in den gasförmigen Zustand (= Sieden, Verdampfen, Verdunsten), oder der vorher feste Körper in den flüssigen Zustand (= Schmelzen) übergeht.

Soll 1 gr Eis von 0^0 C in 1 gr Wasser von 0^0 C umgewandelt werden, so bedarf es der Zufuhr von 79 Calorien. Die Temperatur von 0^0 C bleibt so lange constant, bis alles vorhandene Eis in Wasser übergegangen ist; erst dann fängt das nun vorhandene Wasser an, wärmer zu werden. Derselbe Vorgang findet bei 100^0 C statt. Erhitzt man Wasser, so steigt die Temperatur bis 100^0 C, bleibt dann so lange constant, bis alles vorhandene Wasser (von 100^0 C) in Dampf (von 100^0 C) umgewandelt worden ist; dann erst beginnt die Temperatur über 100^0 hinaus zu steigen. Um 1 gr Wasser von 100^0 in Dampf von 100^0 C überzuführen, sind 537 Calorien nötig.

Da also bei 0^0 (Schmelzpunkt) und bei 100^0 C. (Siedepunkt) die Temperatur des Wassers eine gewisse Zeit lang constant bleibt, sind diese beiden Punkte zu den Normalpunkten der Thermometer gewählt worden.

[Diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 gr. einer Substanz von dem flüssigen in den gasförmigen oder von dem festen in den flüssigen Zustand überzuführen, bezeichnet man als latente Wärme.]

---

*) Spec. Wärme:

Knochen 0,5: Fettgewebe 0,712; Muskeln 0,825; Venöses Blut 0,892; Arterielles Blut 1,031; Kalium 0,1655; Phosphor 0,1740; Eisen 0,1138; Lithium 0,9408; Blei 0,0314; Alkohol 0,602; Terpentinöl 0,440; Wasser 1,000.

Bringt man einen Tropfen Wasser auf die Haut und lässt ihn verdunsten (Verdunstung = Aenderung des Aggregatzustandes = Uebergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand), so sind dazu eine gewisse Anzahl Calorien nötig; diese Calorien werden der Haut entzogen, dadurch wird die Haut selbst an der betreffenden Stelle abgekühlt.

So ist es beim Schwitzen; der Schweiss tritt aus den Schweissdrüsen auf die Hautoberfläche, verdunstet dort, entzieht der Haut dadurch Wärme und kühlt sie ab. Also Schwitzen = Mittel des Körpers zur Abkühlung, findet bei starker Erhitzung statt.

Die Verbreitung der Wärme erfolgt durch

1) Leitung

= Fortpflanzung der Wärme im Innern der Körper. Die Körper besitzen ein verschieden gutes Wärmeleitungsvermögen; man unterscheidet gute und schlechte Wärmeleiter. Flüssigkeiten (Wasser, Blut) leiten im allgemeinen die Wärme schlecht, etwas besser, wenn sie in Bewegung begriffen sind, d. h. wenn sie strömen. Setzt man das Wärmeleitungsvermögen des Silbers = 100 (Silber = sehr guter Wärmeleiter), dann ist der Wert für Eis 0,42, Glas 0,12, Wasser 0,11, Wasserstoff 0,029, Luft 0,004.

Das Wärmeleitungsvermögen der menschlichen Gewebe verhält sich (von den besser leitenden zu den schlechter leitenden fortschreitend), wie folgt: Knochen, Blut, Milz, Leber, Knorpel, Sehne, Muskel, elastische Bänder, Nägel, Haare, blutleere Haut. Ein sehr schlechter Wärmeleiter ist das Fettgewebe.

Wichtig ist das Wärmeleitungsvermögen der Kleidung; dünnere Kleider leiten besser als dickere; daher wählt man im Sommer erstere, im Winter letztere.

2) Strahlung

= Fortpflanzung der Wärme durch den leeren Raum (ohne leitende Zwischenschicht).

Jeder Körper strahlt fortwährend Wärme aus, und zwar um so mehr, je höher seine Temperatur ist. Diese Wärmestrahlen treffen auf andere weniger warme Körper, werden von denselben aufgesogen (verschluckt, absorbiert), z. B. Sonnen-

strahlen von der Erde, und erwärmen dieselben. Diejenigen Körper, welche am leichtesten ausstrahlen, besitzen auch das grösste Absorptionsvermögen.

Die Wärmeausstrahlung*) ist abhängig von der Beschaffenheit der strahlenden Oberfläche; dunkle rauhe Körper strahlen mehr aus als helle glatte. So werden durch die Sonnenstrahlen dunkle Kleider mehr als helle erwärmt, daher sind schwarze Kleider im Sommer unangenehm.

Beim Erwärmen werden die Körper ausgedehnt, ihr Volumen verändert; diese Volumensänderung, welche proportional der steigenden Erwärmung erfolgt, wird zu Instrumenten (Thermometer**) benutzt, welche die Wärme messen. Den mittelst des Thermometers gefundenen Wärmezustand eines Körpers bezeichnet man als seine Temperatur.

Wird der menschliche Körper von 37° C. auf 40° C. erwärmt, so wird er in Mittel um 62 cbctm ausgedehnt.

Entstehung der tierischen Wärme

1 Calorie in mechanische Arbeit umgesetzt liefert 423,5 grammeter (= 1 gr wird 423,5 m hochgehoben).***)

Verbrennt man also Kohle im Feuer und erwärmt damit 1 gr Wasser von 0° C. auf 1° C., so könnte man im andern Falle durch denselben Verbrennungsprocess 1 gr 423,5 m hoch heben. (Bestes Beispiel: Locomotive, in Ruhe, geheizt, produciert nur Wärme, in Thätigkeit geheizt produciert Bewegung). Derselbe Vorgang lässt sich auch am menschlichen Muskel nachweisen, welcher die verschiedensten Gewichte hebt und die dazu nötige Kraft durch Verbrennungsprocesse erzeugt.

Die im tierischen Körper vorhandenen Suhstanzen bestehen, soweit sie organischer Natur sind, grösstenteils aus C H O und auch N, werden durch die Vorgänge in den Geweben zunächst in diese ihre Componenten zerlegt (= Spaltung, Analyse); als-

---

*) Genauestes Instrument zur Messung der Wärmeausstrahlung: Thermomultiplicator.

**) Man hat Thermometer von Quecksilber, Alkohol, Luft in Gebrauch.

***) 1 Calorie = 423,5 grammeter (= 0,4235 Kilogrammeter) umgekehrt
1 grammeter = 0,00236 Calorien,
1 Kilogrammeter = 2,36 Calorien.

dann werden C und H mit dem durch Atmung und Blut reichlich zugeführten O zu CO_2 und H_2O verbrannt, oxydiert (= Oxydation) und ein Teil des H mit N zu NH_3 (Ammoniak) vereinigt.

Producte der Spaltung und Oxydation organischer Körper = Kohlensäure, Wasser, Ammoniak. Die tierische Wärme = Verbrennungswärme, Oxydationsprocess.

Verbrennungswärme verschiedener Stoffe (= Wärmequell des menschlichen Körpers):

1 gr H zu H_2O verbrannt liefert			34 460	Calorien.
1 „ C „ CO_2	„	„	8 080	„
1 „ Eiweiss		„ ca	4 000	„
1 „ Fett		„ „	9 300	„
1 „ Kohlenhydrate		„ „	4 100	„
1 „ Milch		„ „	5 200	„
1 „ Brod		„ „	4 400	„
1 „ Reis		„ „	4 800	„
1 „ Alkohol		„ „	6 980	„

Nahrungstoffe, welche die gleiche Verbrennungswärme liefern = isodynam.

Wenn angegeben wird wieviel an Nahrung der Mensch in einer bestimmten Zeit einnimmt, kann man berechnen, wieviel Calorien in dieser Zeit gebildet werden. Die mittlere Wärmeproduction eines Menschen von ca. 60—70 kg Gewicht beträgt pro Tag 2400000 Calorien, pro Stunde 100000 Calorien, pro Minute 1800 Calorien, am meisten Wärme producieren die Drüsen und die Muskulatur.

Körpertemperatur.*)

Die Temperatur des menschlichen Körpers ist sehr constant und beträgt (in der Achselhöhle gemessen) im Mittel beim Erwachsenen:

$37{,}2^0$ C. = $29{,}7^0$ R. = 99^0 Fahrenheit

beim Kind $37{,}^05$ C.

---

*) Man misst die Körpertemperatur dadurch, dass man Thermometer in gegen Abkühlung geschützte Körperhöhlen einführt (Achselhöhle, Mundhöhle, Rectum, Vagina) und dort so lange liegen lässt, bis die Quecksilbersäule einen constanten Stand zeigt. Besonders geeignet sind dazu die Maximalthermometer, die auf der erreichten höchsten Temperatur stehen bleiben.

Es bestehen zwischen den verschiedenen Stellen des Körpers Differenzen; Temperatur-Topographie = Lehre von der Temperatur an den verschiedenen Stellen des Körpers.

Haut des Gesichts 31°.

Nasenspitze, Ohrläppchen, Finger bis zu 24° C. herab.

Hand 27—29°.

Stamm 30—32°.

Fuss 26,5—28°.

Uterushöhle, Scheide, Rectum 38° d. h. ca. 1° höher als Achselhöhle.

Aeusserer Gehörgang 37,6°.

Mundhöhle 37,2°.

Ruhender Muskel 37·2°.

(Thätiger Muskel ist um 0,7° C. wärmer als ein ruhender.)

Unterhautfettgewebe 35—36°.

Pfortaderblut 38—39°.

Lebervenenblut 40°.

Blut des rechten Herzens ist um 0,3° C. wärmer als das des linken. Leberblut 0,2° wärmer als Aorta; Nierenblut 0,05° wärmer als Aorta, Blut der oberflächlichen Venen 0,2° kälter als Aorta.

Im allgemeinen sind innere Körperteile wärmer, äussere Körperteile kühler. Je stärker der Stoffwechsel eines Organs ist, desto höher ist seine Temperatur.

Die Körpertemperatur unterliegt während jedes Tages grossen Schwankungen (grösste Differenz der höchsten und der niedrigsten Temperatur jedes Tages jedoch nicht mehr wie 1°), da sie vom Gesamtstoffwechsel abhängig ist. Sie ist im allgemeinen am Morgen am niedrigsten, nach der Hauptmahlzeit (= Maximum) am höchsten, und fällt gegen Abend wieder ab.

Z. B. Morgens 6 Uhr 36,7° C., Vormittag s 10 Uhr 37,3,
Nachmittags 2 Uhr 37,4, Nachmittags 6 Uhr 37,5,
Abends 10 Uhr 37,3, Nachts 2 Uhr 36,9.

Ausser der Hauptmahlzeit erhöht auch jede geringere Nahrungsaufnahme die Körpertemperatur (z. B. Frühstück etc).

Die Temperatur der umgebenden Luft übt keinen Einfluss auf die Körpertemperatur aus; im Winter sowohl wie im Sommer ist der menschliche Körper gleich warm.

Eine Erhöhung der Temperatur über 38° ist krankhaft = Fieber (Fieber kommt von ferveo = glühen). Temperaturen unter 36,°5 C. = Collapstemperaturen (Collaps von collabi = Zusammenfallen = plötzlicher Verfall der Kräfte, verbunden mit Herzschwäche und Abfall der Temperatur).

Correctionsvermögen.

Der menschliche Körper bewahrt ungeachtet aller äusseren Einwirkungen seine Temperatur constant durch besondere regulatorische Einrichtungen. Er verliert fortwährend durch Leitung, Strahlung und Verdunstung eine grosse Wärmemenge an seine Umgebung, ergänzt aber zugleich den eintretenden Verlust durch Verbrennungsprocesse im Innern.

Man unterscheidet im menschlichen Körper:

a) Wärmeproduction, Wärmequell, siehe vorher: Entstehung der tierischen Wärme. In 1 Minute werden 1800 Calorien erzeugt.

b) Wärmeabgabe, Wärmeverlust geschieht durch Leitung, Strahlung, Verdunstung. In 1 Minute werden 1400 bis 1600 Calorien abgegeben. Die noch übrigen Calorien werden zur Erwärmung der Nahrungsmittel, zur Erwärmung der Atemluft, zur Wasserverdunstung innerhalb des Atemrohres verbraucht.

Der Wärmeausgleich innerhalb des Körpers geschieht ausser durch Leitung vornehmlich durch das strömende Blut, welches heiss von den inneren Teilen der Haut zufliesst und abgekühlt von dort zurückkehrt. Dadurch wird die Temperatur der peripherischen Körperteile erhöht, die der centralen Teile erniedrigt. Da strömendes Blut ein ziemlich guter Wärmeleiter ist, so wird, je mehr Blut der Haut vom Centrum her zugeführt wird, desto mehr Wärme vom Centrum der Haut und von dieser wiederum der Umgebung mitgeteilt. Umgekehrt wird, je weniger Blut die Haut durchströmt, desto weniger Wärme an die umliegenden Teile abgegeben.

Auch an der Oberfläche des Respirationstractus findet bei Einatmung kühler Luft und durch Wasserverdunstung und an der Oberfläche des Digestionstractus bei Genuss kalter Speisen eine Wärmeverlust statt.

Die Correctionsmittel, deren sich der menschliche Körper zum Ausgleich abnorm hoher oder niedriger Temperaturen bedient, bestehen in

α) Veränderung der Wärmeproduction.
β) „ „ Wärmeabgabe.

A) **Hitzecorrection**

(= Correction gegen hohe Aussentemperaturen, d. h. etwa 15—40° C.).

α) Verminderung der Wärmeproduction. Nahrungsaufnahme vermindert; die Muskelbewegungen werden auf das geringste Mass eingeschränkt*) (denn jede Muskelbewegung erzeugt Wärme). Die chemischen Processe und die damit verbundenen Verbrennungsvorgänge innerhalb der ruhenden Muskeln werden herabgesetzt.

β) Vergrösserung der Wärmeabgabe

1) Die Blutgefässe der Haut werden erweitert, die Haut erscheint turgescent (turgesco aufschwellen, strotzen), gerötet.
2) Es werden dünnere Kleider angelegt.
3) Die Schweisssecretion wird vermehrt. Der Schweiss tritt mit Körpertemperatur an die Oberfläche der Haut und bedarf zu seiner Verdunstung sowohl derjenigen Wärmemenge, welche ihn bis zum Siedepunkt erhitzt, als auch derjenigen, die ihn dann aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand überführt. Dadurch wird also der Haut eine ziemlich beträchtliche Wärmemenge entzogen.

Dabei ist jedoch vorausgesetzt, dass die Aussentemperatur niedriger wie die Körpertemperatur bleibt; steigt die Temperatur der umgebenden Luft über 37°, so ist eine Wärmeabgabe seitens des Körpers nur noch durch Verdunstung, nicht mehr durch Strahlung und Leitung möglich.

Die atmosphärische Luft kann stets nur bis zu einem gewissen Grade Wasserdampf (resp. verdunsteten Schweiss) auf-

---

*) Daher besteht auch eine gewisse Schlaffheit des Körpers und Unlust zur Thätigkeit.

nehmen, alsdann ist sie mit Wasserdampf gesättigt. In allzu feuchter Atmosphäre versagt also das Correctionsmittel der Schweissverdunstung. Auch kann der menschliche Körper nur eine bestimmte Menge Wasser (resp. Schweiss) abgeben, daher ist allzu trockene Luft gefährlich, da sie dem Körper zu viel Wasser entzieht.

Daraus ergiebt sich, dass die Hitzecorrection ihre Grenzen hat; bei allzu hohen Temperaturen, bei allzu feuchter Luft wird die Wärmeabgabe gestört, und da der Körper fortwährend Wärme produciert*), so erfolgt eine Erhöhung der Körpertemperatur = Ueberhitzung. Sämmtliche Functionen des menschlichen Körpers gehen am besten bei der Körpertemperatur von 37° vor sich; der menschliche Körper erträgt Temperaturen, die eine gewisse Höhe überschreiten, nicht mehr. Die Grenze liegt etwa 5—6° C. über der gewöhnlichen Körpertemperatur, steigt letztere über diese Grenze, so erfolgt Lähmung der nervösen und contraktilen Apparate, insbesondere des Herzens.

Abnorme Erhöhung der Körpertemperatur bedingt den sogenannten Sonnenstich (= Hitzschlag, Insolation von sol: die Sonne, Siriasis von σείριος brennend), der bei hoher Temperatur, sehr schwüler, wenig bewegter Luft, starker Muskelarbeit und mangelnder Wasserzufuhr eintritt.

Volltändig unmöglich ist das Leben bei Temperaturen (70° und darüber), die das Eiweiss coagulieren, da der menschliche Körper zum grössten Teil aus Eiweiss besteht.

B) **Kältecorrection**

(= Correction gegen niedrige Temperaturen, d. h. unter 15° C.)

α) Vermehrung der Wärmeproduction.

Nahrungsaufnahme und Muskelbewegungen (Zähneklappern) vermehrt. Die oxydativen Processe innerhalb des Körpers (besonders auch innerhalb der ruhenden Muskeln) erfahren eine erhebliche Steigerung.

β) Verminderung der Wärmeabgabe.

1) Die Blutgefässe der Haut werden (durch Contraction der Gefässmuskulatur) verengt, die Haut erscheint blass, leicht

*) Auch ein ruhender, hungernder Mensch erhält seine Körpertemperatur längere Zeit (d. h. eine Reihe von Tagen, im Mittel 10—20) hindurch constant.

bläulich. Auch die in der Cutis gelegenen glatten Muskelfasern*) contrahieren sich (= Gänsehautbildung, Cutis anserina), dadurch wird die Haut straff, ihr Volumen und ihre Oberfläche (= ausstrahlende Fläche) verkleinert.

2) Dickere Kleider, vornehmlich schlechte Wärmeleiter (z. B. Wolle), werden angelegt.

3) Die Schweisssecretion wird verringert und versiegt sogar fast ganz.

Doch haben auch alle diese regulatorischen Verrichtungen ihre Grenze; der unbekleidete Mensch vermag auf längere Dauer seine Eigenwärme nur bei einer Aussentemperatur zu behaupten, die nicht weniger als 27° C. beträgt, schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur (13—15°) kann der Mensch sich nur durch geeignete Kleidung, Muskelbewegungen und reichliche Nahrungsaufnahme vor erheblicher Abkühlung bewahren. Ein unzureichend genährter, dünnbekleideter Mensch, der bei Winterkälte im Freien ermüdet liegen bleibt und einschläft, wird allmählich bis unter 25° abgekühlt (= Erfrierung), davon werden zuerst die peripherischen Teile (Ohr, Nase, Zehen, Finger) betroffen. Ist die Temperatur des Körpers unter 25° C. gesunken, so erfolgt nach starker Herabsetzung der Erregbarkeit aller Gewebe der Tod durch Herzlähmung. Bei — 4° bis — 5° C. Körpertemperatur erstarrt der Körper (verhält sich also wie eine dünne Salzlösung).

Wenn man die Wärmeproduction und die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers gegenüber stellt, so erhält man die Wärmebilanz (bilance, bilancia die Wage = Wage, Gleichgewicht, Vergleichung, Rechnungsabschluss).

Wärmeeinnahme

ca. 2500000 Calorien in 24 Stunden.

Wärmeausgabe

a) Erwärmung der Speisen und Getränke (sind im Mittel 12° warm) 70000 Cal. = 2—3%.
b) Erwärmung der Atemluft 70000 Cal. = 2—3%.

---

*) Diese Muskelfasern entspringen in der Cutis dicht unter der Epidermis und verlaufen schief nach unten und innen zu den Haarbälgen, durch ihre Contraction sinken ihre Ursprungstellen leicht ein, während sich die Haarbälge erheben.

c) Wasserverdunstung durch die Lungen 400000 Cal. = 15%.
d) Strahlung, Leitung, Wasserverdunstung durch die äussere Haut 80%.

Diese Uebersicht gilt nur für den ruhenden Menschen, anders verhält es sich während der Arbeit. Die Arbeitsleistung eines Arbeiters beträgt innerhalb 1 Sekunde 10 Kilogrammeter (= $^1/_6$—$^1/_7$ Pferdekraft; 1 Pferdekraft = 75 Kilogrammeter in 1 Sekunde), innerhalb 24 Stunden 300000 Kilogrammeter = 300000 . 1000 Grammeter, was 700000 Calorien entspricht.

Um diese Arbeit zu leisten und zugleich den Körper auf seiner Temperatur zu erhalten, bedarf der Arbeitende einer erhöhten Zufuhr von Verbrennungsmaterial; der Arbeitende verzehrt mehr als der Ruhende.

Nach dem Tode mischt sich das im Innern des Körpers befindliche heisse Blut nicht mehr mit dem kalten der Peripherie, da die Circulation erloschen ist. Deshalb ist kurz nach dem Tode der Wärmeverlust des Körpers ein geringerer als während des Lebens. Bestand nun während der letzten Stunden vor dem Tode im Innern des Körpers eine sehr hohe Temperatur oder gingen sehr heftige Muskelbewegungen, (z. B. bei Tetanus = Starrkrampf) dem Tode vorauf, so kann es geschehen, dass in der Agonie*) und in den nächsten Stunden nach dem Tode infolge des Aufhörens der Circulation und infolge der geringeren Wärmeausstrahlung der Körper eine Temperatursteigerung aufweist. Jedoch spätestens in der zweiten Stunde post mortem tritt die definitive und nun continuierlich zunehmende Abkühlung ein; dabei ist jedoch zu bemerken, dass ein Teil der im Körper enthaltenen Flüssigkeiten (Blut, Myosin) gerinnen, d. h. vom flüssigen in den festen Zustand übergehen, so dass Wärme dabei frei wird und sich die Abkühlung etwas verzögert.

Vergleichende Physiologie.

Man unterscheidet:

a) **Warmblüter** = Tiere mit constanter Temperatur = gleichwarme Tiere = homoiotherme Tiere halten ungeachtet der

---

*) Agonie (ἀγωνία Kampf) = Todeskampf.

Temperatur des umgebenden Mediums ihre Eigentemperatur innerhalb sehr enger Grenzen fest.

Warmblüter sind die Wirbeltiere.

b) **Kaltblüter** = Tiere mit variabler Temperatur = wechselwarme Tiere = poikilotherme Tiere. (ποικίλος mannigfaltig).

Ihre Temperatur schwankt mit der des umgebenden Mediums auf und nieder und ist stets nur um einige Zehntel Grad höher als die des Mediums.

Werden Tiere überfirnisst, so sterben sie an Abkühlung, indem die Haut mehr Wärme ausstrahlt als gewöhnlich.

Winterschläfer = Säugetiere mit inconstanter Körpertemperatur, verfallen bei niederer Aussentemperatur in eine Art Schlaf = Winterschlaf (während dessen: 7—8 Atemzüge, 24—30 Pulsschläge in 1 Minute, Körpertemperatur 3—5° bei Lufttemperatur von 1°; keine Nahrungsaufnahme). Winterschläfer sind: Siebenschläfer, Murmeltier, Hamster, Igel, brauner Bär, Dachs.

Allgemeiner Satz:

Je kleiner ein Tier, desto grösser seine Oberfläche (im Verhältnis zum Volumen), desto grösser also auch die Wärmeabgabe.

Leben = Beweglichkeit Reizbarkeit Automatie.

XI. Muskelphysiologie.

Ob ein Teil lebt oder nicht, kann man unmittelbar und allein durch anatomische Betrachtung nicht erkennen; das Leben äussert sich in der Thätigkeit des betreffenden Teiles. Diejenigen Mittel, welche angewendet werden, um diese Thätigkeit hervorzurufen, = **Reize.** Wird durch Anwendung dieser Mittel (= Reizung) eine Äusserung der Lebensthätigkeit erzielt, so ist der betreffende Teil = erregbar (irritabel).

Erregbarkeit (= Irritabilität) eines Muskels = Eigenschaft des Muskels, sich auf Application bestimmter Mittel zu contrahieren.

Verkürzung = Contraction = Zusammenziehung = der Muskel wird infolge einer Veränderung seiner Substanz kürzer, nähert seine beiden Endpunkte (Ursprung, Ansatz) einander. Dadurch werden zugleich die an den beiden Endpunkten haftenden Körperteile verschoben = Wirkung der Muskelcontraction.

Erschlaffung = der Muskel wird wieder länger; seine beiden Endpunkte entfernen sich wieder von einander.

Muskelreize*) (= Mittel, welche auf den Muskel appliciert, Contraction hervorrufen) sind:

1) Mechanische Einwirkungen.
Schlag, Kneifen etc.
2) Thermische Einwirkungen.
Wärme (Temperaturen von 30—45°).
Kälte (Temperaturen unter 0°).
3) Chemische Einwirkungen.

*) Jeder Reiz kann verschieden stark sein:
Der Reiz, der so schwach ist, dass er eben gerade wirksam wird = Reizminimum, Reizschwelle, Schwellenwerth.

Ammoniak reizt den Muskel, nicht den Nerven.
Alkalilauge reizt den Nerven, nicht den Muskel.

Alle chemischen Substanzen, welche schnell genug die chemische Beschaffenheit des Muskels verändern (d. h. möglichst schnell einen Umschwung veranlassen), rufen Muskelcontractionen hervor. Säuren, Alkalien, Gase etc. Ohne Wirkung (= indifferent) ist die sogenannte physiologische Kochsalzlösung (0,6 %ig).

4) Die Einwirkung vom Nerven her, der Bewegungsimpuls = Normalreiz: im lebenden Körper wird der Muskel stets vom Nerven her in Bewegung versetzt.

Daher die Frage der specifischen Muskelirritablität, d. h. die Frage, ob der Muskel für sich überhaupt reizbar sei oder ob dies stets nur vermittelst des Nerven geschehe.

5) Elektrische Einwirkungen.

Wenn sich zwei verschiedene Metalle (z. B. Kupfer und Zink) berühren oder in dieselbe Flüssigkeit tauchen, entsteht Elektricität. Das Vermögen der Metalle, Elektricität hervorzubringen = elektromotorische Kraft (moveo = bewegen, erregen). Die entstandene Elektricität (= Galvanismus, galvanischer oder constanter Strom) wird besonders deutlich in einem die freien Enden der Metalle verbindenden sogenannten Leiter, Entladungsdraht, der den Stromkreis schliesst.*) Die Flüssigkeit + die beiden Metalle = Erzeuger der Elektricität = Element. Die ganze Einrichtung (= Elemente + Entladungsdraht) = Kette.**) An jeder Kette besteht irgendwo eine Vorrichtung, um den Strom zu öffnen resp. zu schliessen.

Schaltet man ein Stück des Leitungsdrahtes aus, setzt dafür einen Muskel ein und schliesst den Strom, so erfolgt im Momente der Schliessung eine einmalige blitzartige Zuckung (= sogenannte Schliessungszuckung). Ist dann der Strom geschlossen, so ist am Muskel nichts wahrzunehmen; erst bei der Oeffnung des Stromes erfolgt eine einmalige blitzartige Zuckung (= sogenannte Oeffnungszuckung). Der constante Strom bewirkt also zur Zeit seines fortwährenden Durchfliessens durch den Muskel keine Contration;***) nur im Momente des Eintretens und des Austretens, d. h. in den Momenten,

---

*) Siehe Fig. bei Nervenphysiologie.

**) Zur Wahrnehmung und Messung galvanischer Ströme dient die Multiplicatornadel (= Galvanometer), welche an irgend einer Stelle des Entladungsdrahtes in den Strom eingeschaltet wird.

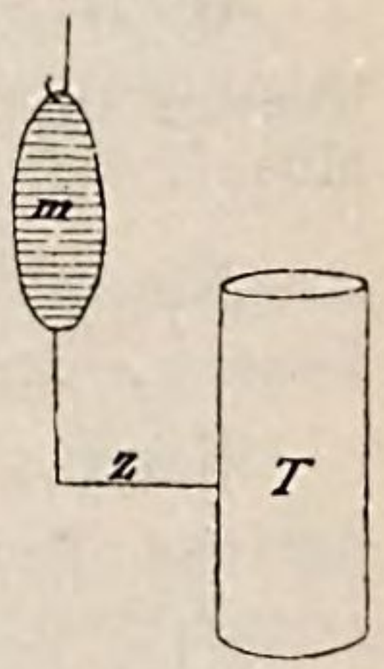
***) Wenn auch keine Contraction eintritt, so hat man doch beim Hindurchfliessen des Stromes eine schmerzhafte Empfindung.

Stadium der latenten Reizung = 1/100 Sek.
Säuer von II u. III. = 1/10 Sek.

wo Veränderungen stattfinden, zieht sich der Muskel zusammen.

Hängt man den Muskel (*m*) mit einem Ende auf und befestigt an seinem andern (unterm) Ende eine Schreibfeder (*z*), so notiert er seine Zuckungscurve selbst auf eine rotierende Trommel (*T*) auf. (Dieser Apparat = **Myographion** Fig. 29).

(Fig. 29.) Myographion.

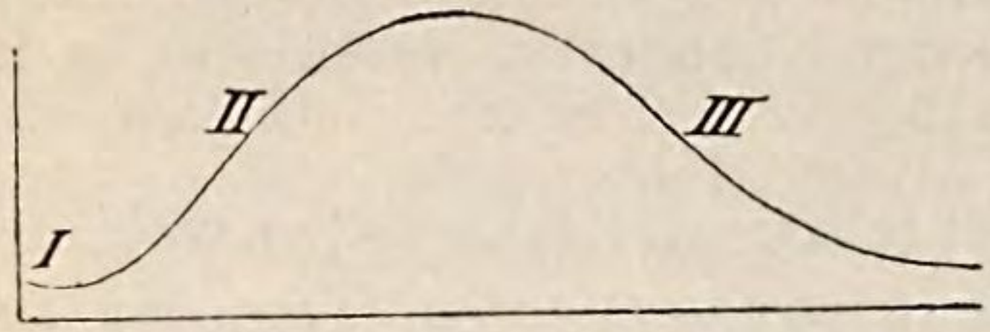


Wenn geschlossen resp. geöffnet wird, contrahiert sich der Muskel nicht genau im Augenblick des Schliessens resp. Oeffnens, sondern es verstreicht erst eine ganz kleine Zeit der Unthätigkeit (0,003—0,01 Sekunde), nach Ablauf welcher der Muskel sich zu verkürzen beginnt.

Diese Zeit der Unthätigkeit = Stadium der latenten Reizung (*I*).

[Die Dauer der latenten Reizung wird am besten mittelst des „Froschunterbrechers" bestimmt; siehe nachher unter „Arbeitsleistung des Muskels".]

(Fig. 30.) Curve der Muskelzuckung.



Dann folgt der aufsteigende Schenkel der Curve (*II*) = Stadium der steigenden Energie,*) reicht vom Beginn der Contraction bis zum Maximum der Verkürzung, währt 0,04 Sekunden.

Der absteigende Schenkel der Curve (*III*) = Stadium der sinkenden Energie = Nachlass der Verkürzung bis zur vollständigen Erschlaffung (Dauer ca. 0,03 Sek.). An den absteigenden Schenkel der Curve schliessen sich noch einige kleinere Schwingungen = elastische Nachschwingungen (= Wirkung der Muskelelasticität).

Wenn man die Contraction eines Muskels genauer studiert, so erkennt man, dass der Muskel sich nicht in toto sofort zusammenzieht, sondern dass sich die einzelnen Teile des Muskels nach einander verkürzen; es läuft also eine Contractionswelle den Muskel entlang. Dies geschieht so schnell, dass die einzelnen Phasen der Wellenbewegung nicht für unser Auge wahrnehmbar sind: der ganze Muskel scheint sich auf einmal zusammen-

---

*) Energie = Kraft, Wirksamkeit.
Energie des Muskels = verkürzende Kraft.

zuziehen. In den quergestreiften Muskeln verläuft die Contractionswelle mit einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 10—13 m in 1 Sek. (die einzelnen Muskelfasern sind nicht länger als 3—4 ctm.); die Dauer der Contraction einer Stelle beträgt 0,05—0,09 Sek. Bei den glatten Muskelfasern verläuft die Welle bedeutend langsamer und träge.

Wird ein Muskel an einer Stelle (z. B. vom eintretenden Nerven aus) local gereizt, so verbreitet sich eine Contractionswelle von der Reizstelle aus nach allen Richtungen.

Nie findet eine vollkommen gleichzeitige Contraction aller Fasern eines Muskels statt.*)

Versetzt man einen Muskel während 1 Sek. so oft (mindestens 15—20 mal) in Contraction, dass er in dem Intervall zwischen den einzelnen Contractionen nicht mehr Zeit hat, zu erschlaffen, so bleibt er in diesem Verkürzungszustand = **Tetanus** (= Starrkrampf**). Tetanus also kein continuierlicher Zustand, sondern = Summe von Zuckungen. Viele länger verlaufende Zuckungen innerhalb des Körpers = tetanische (z. B. Contraction der Herzmuskulatur).

Ein tetanischer Muskel giebt infolge der zahlreichen während einer Sekunde ausgeführten Schwingungen einen Ton, den sogenannten Muskelton. So machen die durch den Willen tetanisch zusammengezogenen Armmuskeln 16 bis 20 Schwingungen in 1 Sek. Man hört aber nicht den dieser Schwingungszahl entsprechenden Ton, sondern dessen ersten Oberton.

Um Tetanus mit dem constanten Strom zu erzeugen, muss man recht oft öffnen und schliessen; dies wird erleichtert durch den Wagner'schen (Neef'schen) Hammer (siehe Fig. 31).

Wird der Strom geschlossen, so wird der vom constanten Strom umflossene Eisenkern magnetisch, zieht die ihm gegenüberstehende Platte (H)

---

*) Pathologisch Zuckungen einzelner Muskelfaserbündel wahrnehmbar = fibrilläre Zuckungen.

**) Krampf = heftige unwillkürliche Zusammenziehung einzelner Muskeln oder Muskelgruppen

α) klonische Krämpfe = fortwährender Wechsel zwischen Contraction und Erschlaffung.

β) tonische Krämpfe = andauernder Contractionszustand.

an, der Strom ist wieder geöffnet, der Eisenkern ist nicht mehr magnetisch und lässt die Platte entweichen, dadurch wird der Strom wieder geschlossen u. s. f.

Doch hat das fortwährende Oeffnen und Schliessen desselben Stromes den Nachteil, dass der Strom schliesslich gar nicht mehr vollständig erlischt.

Gesetz der Induction (Faraday):

Wird in der Nähe eines geschlossenen Leiters (z. B. eines Drahtkreises, Spirale II) ein Strom geöffnet resp. geschlossen, so entstehen jedesmal in dem Leiter kurze Zeit anhaltende elektrische Ströme = Inductionsströme, faradische Ströme.

α) Wird der Strom geschlossen, so entsteht in dem nebenliegenden Leiter ein Strom von entgegengesetzter Richtung.

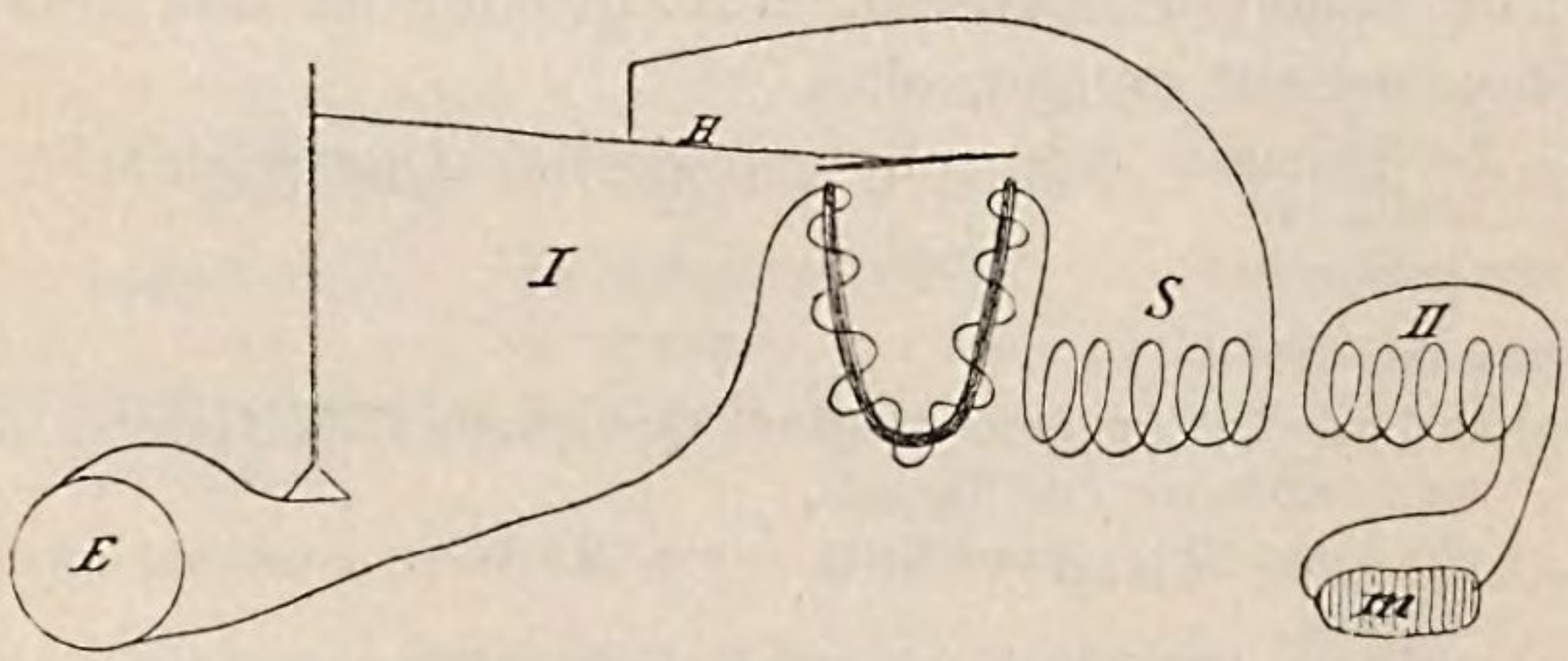
β) Wird der Strom geöffnet, so entsteht in dem Leiter ein Strom von gleicher Richtung.

Wird also in dem Strom (I) fortwährend geöffnet und geschlossen, so entstehen in dem Leiter (II) fortwährend in ihrer Richtung entgegengesetzte Ströme, und in diesen Leiter wird der Muskel eingefügt und in Tetanus versetzt. (Fig. 31).

Je mehr der Leiter (= sogenannte secundäre Spirale) dem Stromkreis (= primäre Spirale) genähert wird, desto stärker werden die Inductionsströme.*)

Den Wagner'schen Hammer und die beiden Spiralen, sowie eine Vorrichtung, um letztere beiden gegen einander zu bewegen, vereinigt das Schlitteninductorium.

Fig. 31.
Schlitteninductorium.

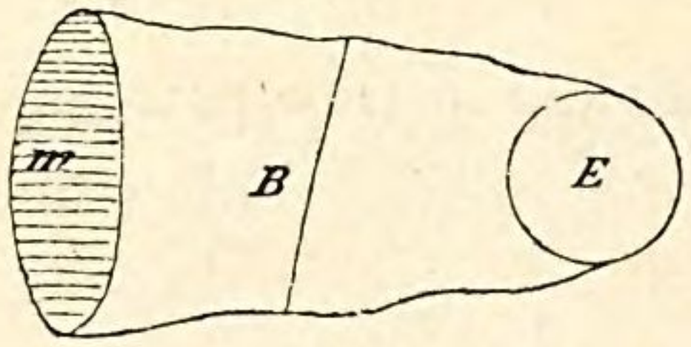


H Wagnerscher Hammer. *I* primärer Kreis. *S* primäre Spirale.
E Element. *II* secundärer Kreis. *m* Muskel.

*) Die Induction wirkt auch in der primären Rolle zwischen den einzelnen parallel verlaufenden Windungen des Drahtes = Exstrastrom.

Besonders wirksam sind die Inductionsströme, wenn sie zuerst in metallischem Kreise (*E*, *B*) verlaufend, nun durch Aufhebung der Brücke *B* gezwungen werden, in den Muskel einzutreten (Fig. 32). Der elektrische Strom zieht den metallischen Leiter stets dem Muskel vor.

Fig. 32.



B metallische Brücke. *E* Element. *m* Muskel.

Während der Contraction wird der Muskel kürzer und dicker; die Muskelelemente (sarcons elements) werden dabei niedriger und breiter. Genaueres steht nicht fest. Der Muskel erleidet während der Contraction eine Verminderung seines Volumens noch nicht ganz um $^1/_{1000}$ desselben. Die Skelettmuskeln verkürzen sich während der Zusammenziehung bis auf die Hälfte.

Muskeln, deren Contraction vom Willen abhängig = willkürliche Muskeln.

Muskeln, deren Contraction vom Willen unabhängig = unwillkürliche Muskeln.

Muskelarbeit.

Hub = die Höhe, bis zu welcher der Muskel ein bestimmtes Gewicht hebt.

Kraft = das grösste Gewicht, welches der Muskel noch eben zu heben vermag.

3 Sätze:

A) Je länger der Muskel, desto grösser ist sein Hub, d. h. desto höher hebt er Gewichte.

B) Je grösser der (physiologische) Querschnitt*), desto

---

*) Man unterscheidet:

a) anatomischen (= geometrischen) Querschnitt eines Muskels: senkrecht zur Längsachse des Muskels,

b) physiologischer Querschnitt eines Muskels: senkrecht zur Faserrichtung,

c) mittleren Querschnitt = hypothetische Grösse = Querschnitt eines wirklichen Cylinders, in den man sich mit Beibehaltung der Länge den Muskel umgeformt denkt.

Das Gewicht (P) eines Muskels ist = Volumen (V) multipliciert mit dem spec. Gewicht (s = 1,058).

$$P = V. s.$$

Froschunterbrecher lässt bestimmen:
1. absolute Muskelkraft
2. Maximum der latenten Reizung
3. Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Nr.

grösser ist die Kraft, desto schwerere Gewichte hebt der Muskel.

Der M. sartorius hebt nur kleine Gewichte um ein Bedeutendes.

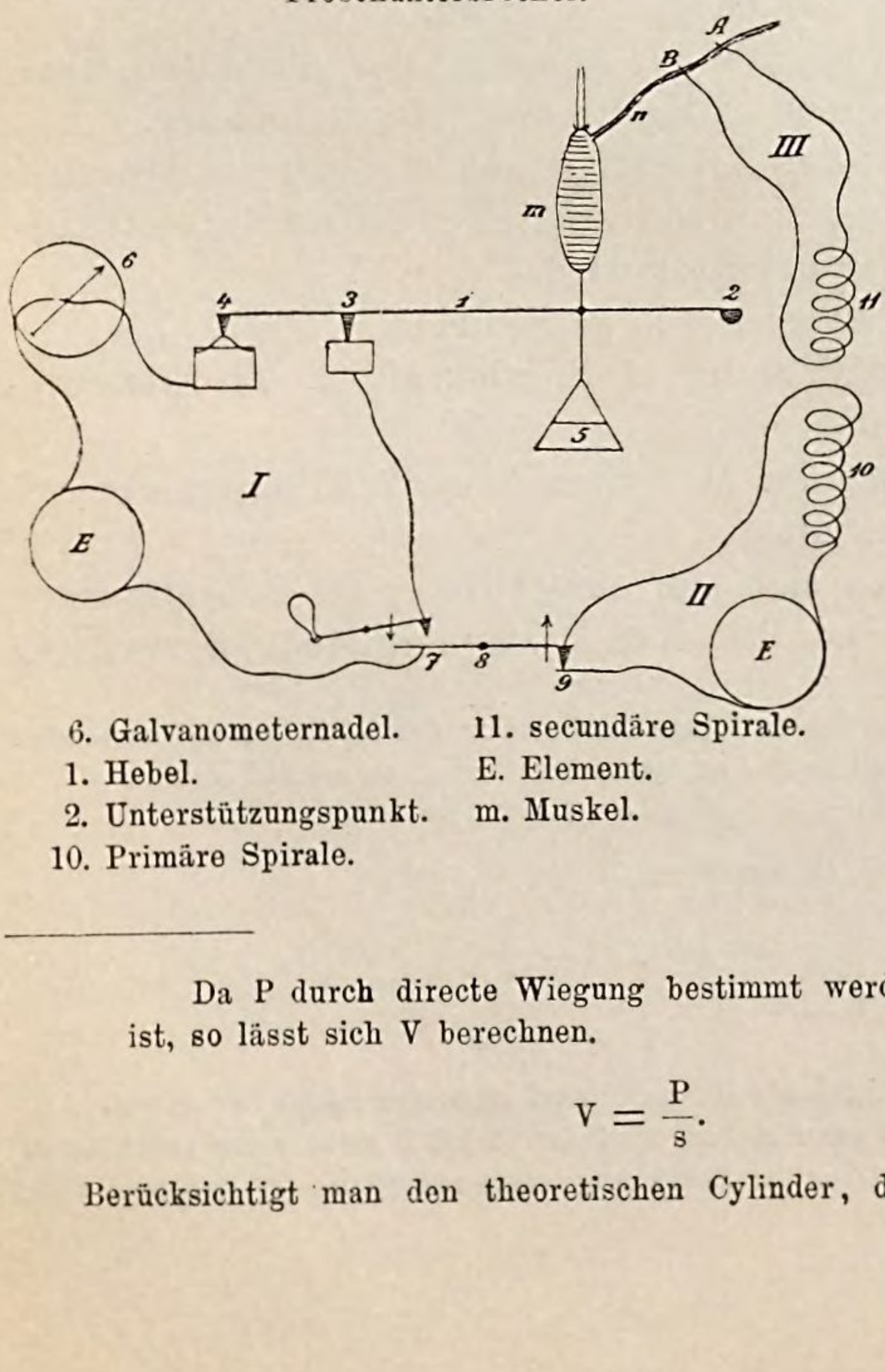
Der M. peroneus hebt schwere Gewichte um ein Weniges.

C) Je schwerer das zu hebende Gewicht ist, desto grösser wird die Zeit der latenten Reizung.

Absolute Muskelkraft = das Gewicht, welches der Muskel nicht mehr zu heben vermag, ohne dass es ihn dehnt.

Zur Bestimmung der absoluten Muskelkraft dient der Froschunterbrecher (Fig. 33).

Fig. 33.
Froschunterbrecher.



6. Galvanometernadel.
1. Hebel.
2. Unterstützungspunkt.
10. Primäre Spirale.
11. secundäre Spirale.
E. Element.
m. Muskel.

Der Froschunterbrecher enthält drei Kreise; I. und II. = Stromeskreise, III. = geschlossener Leiter, in den der Muskel resp. Nerv (n) eingefügt wird. Man belastet den Muskel mit verschieden schweren Gewichten (5) und bestimmte dasjenige, welches er nicht mehr zu heben vermag. Der Froschunterbrecher dient auch zur Berechnung der Zeit der latenten Reizung. Durch dieselbe Federvorrichtung (8) werden Kreis I. (7) geschlossen und Kreis II. (9) geöffnet. Das Oeffnen von

---

Da P durch directe Wiegung bestimmt werden kann und s bekannt ist, so lässt sich V berechnen.

$$V = \frac{P}{s}.$$

Berücksichtigt man den theoretischen Cylinder, dessen Volumen = dem

Kreis II. erzeugt in III. einen Strom und eine Muskelzuckung. Würde der Muskel sofort nach Application des Reizes sich zusammenziehen, so würde er sogleich den Stromkreis I. wieder öffnen, und würde der Kreis I. überhaupt nicht einen Augenblick geschlossen bleiben. Aber der Muskel lässt erst eine gewisse Zeit verstreichen, ehe er sich contrahiert, und während deren bleibt der Kreis I. geschlossen. Die Zeit, während welcher I. geschlossen bleibt = Stadium der latenten Reizung.*)

Reizt man den zum Muskel führenden Nerven einmal dicht am Muskel, das andere Mal weiter entfernt, und bestimmt beide Male den Zeitraum, innerhalb dessen der Muskel zuckt, so kann man aus dem Unterschied beider Resultate berechnen, wieviel Zeit die Fortpflanzung des Reizes innerhalb der Nerven gebraucht hat.

Um verschiedene Muskeln zu vergleichen, reduciert man die absolute Muskelkraft auf 1 Quadratcentimeter des mittleren Querschnitts.

Man fand auf 1 qcm.

Wadenmuskeln 5 kg.
Armbeuger 8 kg.

Besondere Instrumente zur Messung der absoluten Kraft gewisser Muskelgruppen = Kraftmesser, Dynamometer.

Zur Beurteilung der Arbeitsleistung des ganzen Menschen bedarf es der Angabe, eine wie grosse Arbeit und wie oft dieselbe hinter einander geleistet wird.

Leistung eines Arbeiters in 24 Stunden = 200000 bis 300000 Kgrammeter (1 Pferdekraft = 75 Kilogrammeter in 1")

Sekundenleistung des Menschen = ca. 7 Kilogrammeter = $^1/_{10}$ Pferdekraft.

Muskeln, welche sich zur Ausführung einer bestimmten Arbeit gemeinsam contrahieren = Synergisten, Synergeten

---

Volumen des Muskels ist, dessen Länge (Höhe) l = der leicht zu bestimmenden Länge des Muskels ist, und setzt den Querschnitt = q, so ergiebt sich

$$V = q \cdot l$$

$$\text{es war } V = \frac{P}{s}$$

$$\text{also ist } q \cdot l = \frac{P}{s}$$

$$q = \frac{P}{s \cdot C.}$$

Der mittlere Querschnitt des Muskels lässt sich also leicht berechnen.

*) Wenn der Muskel gezuckt hat, wird der Strom I. nicht mehr geschlossen, da die vorher mit Quecksilber in Berührung stehende Spitze (4) nachher nicht mehr eintaucht.

(z. B. Inspirationsmuskeln, Flexoren). Muskeln, welche in ihrer Thätigkeit einander entgegengesetzt sind = Antagonisten (z. B. Flexoren und Extensoren, Inspiratoren und Exspiratoren).

Ermüdung des Muskels = Zustand geringerer Leistungsfähigkeit eines Muskels, herbeigeführt durch anhaltende Thätigkeit. Bei einem ermüdeten Muskel ist die Zeit der latenten Reizung bedeutend vergrössert.

Chemische Bestandtheile des Muskels sind: Eiweiss (Myosin, Serumalbumin), Kohlenhydrate (Glycogen), Fette, Zersetzungsproducte der Eiweisse (Kreatin, Kreatinin, Xanthin etc.), Wasser (74—80%), anorganische Salze (hauptsächlich Kali und Phosphorsäure).

Der ruhende Muskel reagiert neutral oder alkalisch. Der thätige Muskel reagiert sauer und verbraucht mehr Sauerstoff als der ruhende; er verbrennt mehr Substanz und erzeugt so diejenige Zahl Calorien, deren er zur Ausführung seiner Arbeit bedarf (siehe Abschnitt X., Entstehung der tier. Wärme).

Infolge der gesteigerten Verbrennungsprocesse entwickelt der thätige Muskel auch mehr Wärme; das aus dem thätigen Muskel abfliesende Venenblut wird bis um 0,°6 C. wärmer als das Arterienblut. Auch das schlagende Herz erwärmt sich mit jeder Systole.

Elasticität*) des Muskels.

Eine einzelne menschliche Muskelfaser verlängert sich durch 1 mgr. etwa um $^1/_{00}$ ihrer Länge.

Elasticität anorgan. Körper:

Je grösser das angehängte Gewicht, desto stärker die Dehnung. (Dehnung proportional dem angehängten Gewicht.)

Elasticität organischer Körper (speciell des Muskels):

Je grösser das angehängte Gewicht, desto stärker der Widerstand, welchen der Körper leistet. (Widerstand proportional dem angehängten Gewicht.) Je mehr also der Muskel belastet wird, desto weniger wird er gedehnt.

---

*) Elasticität = Eigenschaft des Körpers, ihre ursprüngliche Gestalt und Volumen wieder anzunehmen, wenn die Kraft, welche Formänderungen an ihnen hervorgebracht hat, aufhört zu wirken.

Folglich wird der Muskel durch kleine Gewichte relativ mehr gedehnt als durch grosse.

Belastet man einen Muskel von 1 m Länge, 1 qmm. Querschnitt mit 1 Kilogramm, so wird er um einen gewissen Bruchteil seiner ursprünglichen Länge gedehnt = Elasticität coefficient. Festigkeit (= Tragfähigkeit) = Widerstand, welchen ein Körper der gänzlichen Trennung seiner Teile entgegensetzt.

Ueberdehnung: Ist der Muskel zu lange oder durch zu schwere Gewichte gedehnt worden, so kehrt er nach Entfernung des Gewichtes nicht mehr zu seiner ursprünglichen Länge zurück, sondern bleibt um ein bestimmtes Stück dauernd gedehnt.

Belastet man einen Muskel mit irgend einem Gewicht, so wird er zunächst um ein bestimmtes Stück gedehnt; lässt man das Gewicht nun länger (Stunden, Tage) hängen, so nimmt der Muskel noch etwas an Länge zu (= Nachdehnung, nachträgliche Dehnung). Wird das Gewicht entfernt, so schnellt der Muskel zwar sofort um eine beträchtliche Strecke zurück, erreicht aber seine ursprüngliche Länge nicht sofort, sondern erst allmählich, nach Stunden und Tagen (= nachträgliche Verkürzung).

Beide Erscheinungen (nachträgliche Dehnung und nachträgliche Verkürzung), welche man unter dem Namen der elastischen Nachwirkung zusammenfasst, sind organischen elastischen Körpern eigentümlich.

Wenn man an 2 Muskeln von gleichem Volumen, einen contrahierten und einen nicht contrahierten, das gleiche Gewicht hängt, so wird der contrahierte um ein grösseres Stück als der ruhende gedehnt. Der ruhende Muskel ist also weniger dehnbar als der contrahierte gleichen Volumens.

Im Körper sind die Muskeln in einem gewissen Grad von Spannung (Dehnung) befestigt. Schneidet man einen Muskel durch, so ziehen sich die beiden Schnittenden zurück. Für die Contraction des Muskels ist diese bereits bestehende Spannung eine grosse Erleichterung.

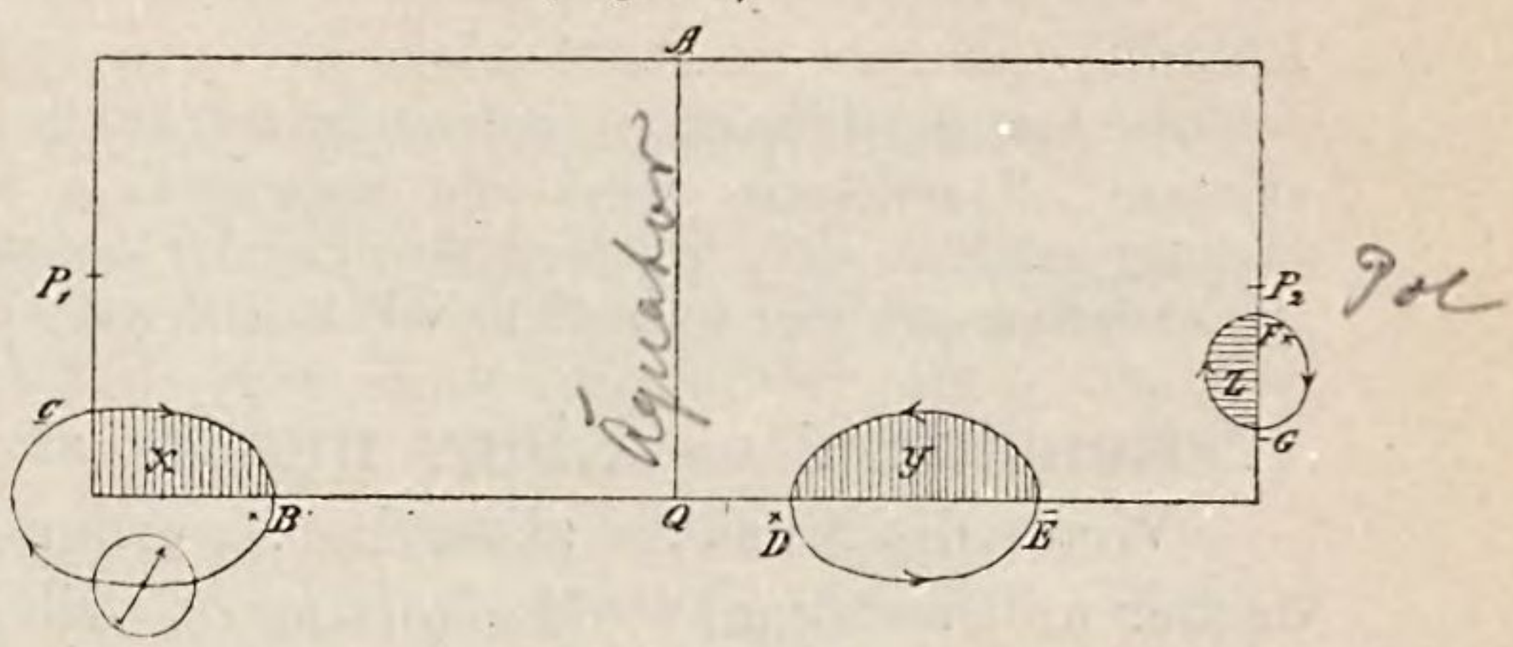
Elektromotorische Kräfte.

Jeder Teil des Muskels (*x*, *y*, *z* Fig. 34) besitzt elektromotorische Kraft, ist = einem kleinen Element, dessen Strom

Muskelprisma, Muskelrhombus.

man in einem angelegten Leitungsdraht wahrnehmen kann. Was die Richtung des durch Muskelsubstanz erzeugten Stromes (= Muskelstrom) betrifft, so hat sich ergeben:

(Fig. 34.)



1) Jeder Punkt (*B*) des Längsschnittes ist positiv gegen jeden Punkt (*C*) des Querschnitts. Im Entladungsdraht ist also der von der Muskelsubstanz (*x*) erzeugte Strom von *B* nach *C*, im Muskel selbst von *C* nach *B* gerichtet.

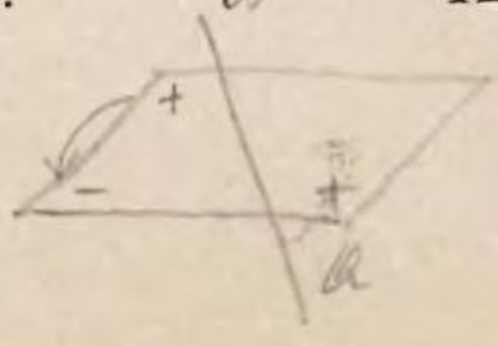
2) Jeder Punkt (*D*) des Längsschnittes, der dem Aequator (*A Q*) näher liegt, verhält sich positiv gegen einen entfernteren (*E*). Das Muskelstück *y* erzeugt also einen Strom, der im Entladungsdraht von *D* nach *E*, im Muskel selbst von *E* nach *D* verläuft.

3) Jeder Punkt (*F*) des Querschnittes, welcher dem Pol (P_1 resp. P_2) näher liegt, verhält sich positiv gegen einen entfernteren (*G*). In dem Muskelstück *Z* entsteht also ein Strom, welcher durch den Entladungsdraht in der Richtung von *F* nach *G*, innerhalb des Muskels selbst von *G* nach *F* gerichtet ist.

In den Leitungsdraht (z. B. *BC*) kann man eine Multiplicatornadel einsetzen und die Stärke des Muskelstromes messen. Die electromotorische Kraft des Muskels beträgt bis 0,1 Daniel.

Lässt man den ganzen Muskel einmal zucken, so wird während der Zuckung der Muskelstrom schwächer = negative Schwankung.

Die unter 1—3 angeführten Sätze gelten für den Fall, dass der Querschnitt des Muskel grade (d. h. senkrecht zur Längsaxe) angelegt ist; wird der Querschnitt schräg angelegt, dass das Muskelstück rhombisch ausfällt, so gilt der Satz; Die stumpfe Ecke verhält sich positiv gegen die spitze (d. h. jeder am stumpfen Pol gelegene Punkt verhält sich positiv gegen einen am spitzen gelegenen). Diese Art der Muskelströme = Neigungsströme. In einem solchen Muskelrhombus liegt



der Aequator nicht dem Querschnitt parallel, sondern nur um ein Geringes abweichend von der Verbindungslinie der stumpfen Ecken.

Die entwickelten Sätze gelten nur für Stücke ausgeschnittener Muskelsubstanz. Muskelstücke, welche in Zusammenhang mit ihrer sehnrigen Ausbreitung geblieben sind, zeigen ein abweichendes Verhalten ihrer elektromot. Kraft = Paralectronomie (der Querschnitt verhält sich positiv gegen den Längsschnitt).

Totenstarre = Rigor mortis = Muskelstarre.

Wenn die Muskeln absterben, werden sie steif, fühlen sich derber und fester an (= Muskelstarre). Die Glieder des Körpers, unmittelbar nach dem Tode leicht beweglich, werden steif, und diese Steifheit hält einige Zeit an und verschwindet dann wieder allmählich. Die Totenstarre ergreift die Muskeln des Körpers in einer constanten Reihenfolge (Kopf, Hals, Rumpf, obere Extremität, untere Extremität) und verlässt sie auch in derselben Ordnung wieder (löst sich). Die Totenstarre beginnt 10 Minuten bis 7 Stunden nach dem Tode und dauert 2—6 Tage.

Werden die Muskeln einer Leiche von der Starre befallen, so nimmt der ganze Körper eine Steifheit an (= Leichenstarre). Häufig werden die Leichen in der Stellung starr, in welcher sie sich grade befinden (= kataleptische Totenstarre).*)

Wodurch die Totenstarre entsteht, ist nicht bekannt, vielleicht durch die Gerinnung des Myosins innerhalb der Muskelfasern.

Die Starre kann künstlich erzeugt werden durch

1) Wärme (Temperaturen von 50 %) = Wärmestarre.
2) Säuren (z. B. Salzsäure) = Säurestarre.

Gelenke.

Die Knochen des Körpers werden vermittelst der Gelenke gegen einander bewegt.

Es giebt:

1) Kugelgelenke, Arthrodien.

---

*) Katalepsie = wachsartiger Zustand der Muskulatur. Dabei verhält sich die Muskulatur wie Wachs, nimmt alle Stellungen an, die man ihr zuteilt (= passive Bewegungen), ohne dass irgendwelche selbstständigen (activen) Bewegungen ausgeführt werden.

Die eine Gelenkfläche hat Kugelform, die andere Hohlkugelform.

Schultergelenk. Metacarpo-Phalangealgelenk.

Ist die Hohlkugel sehr tief = Pfannengelenk, Nussgelenk.

Hüftgelenk.*)

2) Charniergelenke = Winkelgelenke, Ginglymi, gestatten eine Bewegung nur in einer Ebene (Beugung und Streckung).

Finger- und Zehengelenke (Interphalangealgelenke).

Modification: Schraubencharniergelenk; mit der Drehung um die Rotationsaxe zugleich auch eine geringe gegenseitige Verschiebung der Gelenkflächen in der Richtung der Axe:

Humero-Ulnargelenk. Fussgelenk (= Gelenk zwischen Unterschenkel und Talus).

3) Drehgelenke, Radgelenke, Rotationes, Trochoides.

Ein Knochen dreht sich um einen zweiten oder um seine eigene Axe.

Atlas und Epistropheus (der Atlas dreht sich um den Zahn des Epistropheus).

Radio-Ulnargelenk (der Radius dreht sich um die Ulna, so entsteht Pronation und Supination).

4) Sattelgelenke.

Ein Sattel gestattet zwei Bewegungen, die eine von rechts nach links, die andere von vorn nach hinten. In einem Sattelgelenk (die Gelenkflächen = Sattel) ist eine Bewegung nur nach zwei auf einander senkrechten Richtungen möglich.

Carpo-Metacarpalgelenk des Daumens (gestattet Beugung und Streckung; Abduction und Adduction).

Sternoclaviculargelenk.

5) Spiralgelenke.

Die Spirale hat die Eigenschaft, dass ihr Radius vector constant zunimmt. (Fig. 35).

Kniegelenk = Spiralgelenk, Condylen des Femur auf dem

---

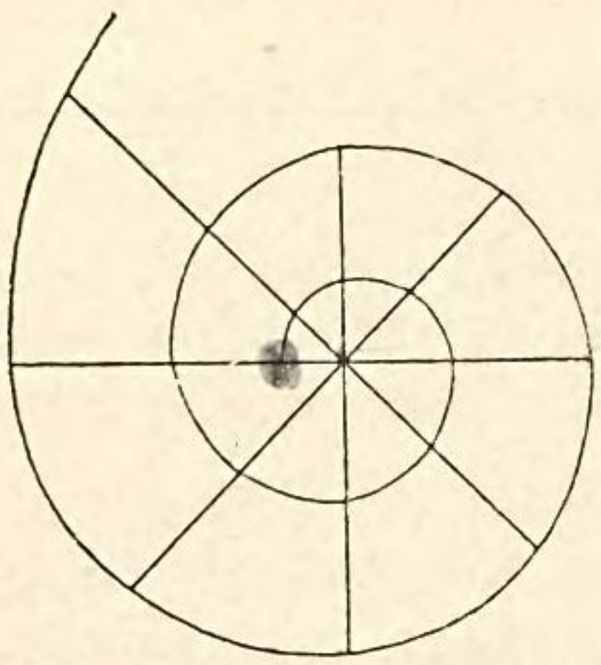
*) Der Kopf des Femur wird nur durch den äusseren Luftdruck im Acetabulum festgehalten.

Der auf dem Menschen lastende Luftdruck beträgt für die ganze Körperoberfläche 18000 kg.

Gewicht des Beins (Knochen, Haut, Muskeln etc.) = 12 kg.

Sagittalschnitt = Spiralen, ihr Radius vector nimmt von hinten nach vorn und unten zu. Während bei gebeugtem Knie der Unterschenkel gegen den Oberschenkel bewegt werden kann (Pronation, Supination), werden bei der Streckung grössere Radii vectores zwischen die Ligg. lateralia (ext., int.) eingeschoben, so dass diese Bänder straff gespannt werden und Oberschenkel und Unterschenkel zu einem Ganzen verschmelzen. Die Ligg. cruciata verhindern, das anterius eine Hyperflexion, das posterius eine Hyperextension.

Fig. 35.



6) Amphiarthrosen = Straffe Gelenke
gewähren eine nach allen Richtungen mögliche, aber wenig ausgedehnte Bewegung.

Handwurzel. Fusswurzel.

Zu erwähnen sind noch:

Symphysen, Synchondrosen, Syndesmosen.

Die Knochen sind um ein Geringes gegeneinander beweglich; die sie verbindende Substanz = Knorpel, keine Gelenkhöhle.

Symphysis ossium pubis. Intervertebralscheiben (zwischen je 2 Wirbelkörpern).

Nähte, Suturae
gestatten keine Bewegung der durch sie verbundenen Knochen.

Vielgelenkige Muskeln = solche Muskeln, welche über mehrere Gelenke hinübergehen (z. B. M. biceps bracchii).

Man teilt die Muskeln nach ihrer Wirkung ein in:

I) Ringmuskeln, Sphincteren, Hohlmuskeln, haben keinen Zusammenhang mit Knochen.

II) Muskeln, die mit Knochen (durch Sehnen) in Verbindung stehen. Dabei ist zu unterscheiden, ob Ursprung oder Ansatz oder beide beweglich sind.

Die Knochen stellen in Bezug auf die an ihnen ansetzenden Muskeln Hebel dar, das Gelenk = Unterstützungspunkt des Hebels.

Kraft × Hebelarm = Last × Hebelarm

Man unterscheidet:

α) zweiarmige Hebel, sind nur in geringer Anzahl im Körper vorhanden.

M. triceps (Ulna). Achillessehne (Fuss).

β) einarmige Hebel = Wurfhebel.

1) Die Wirkung ist am günstigsten, wenn der Angriffspunkt der Kraft (K) (d. h. des Muskels) weiter vom Unterstützungspunkt entfernt ist als der der Last (L). Dann ist $K < L$. (Fig. 36.)

Fig. 36.

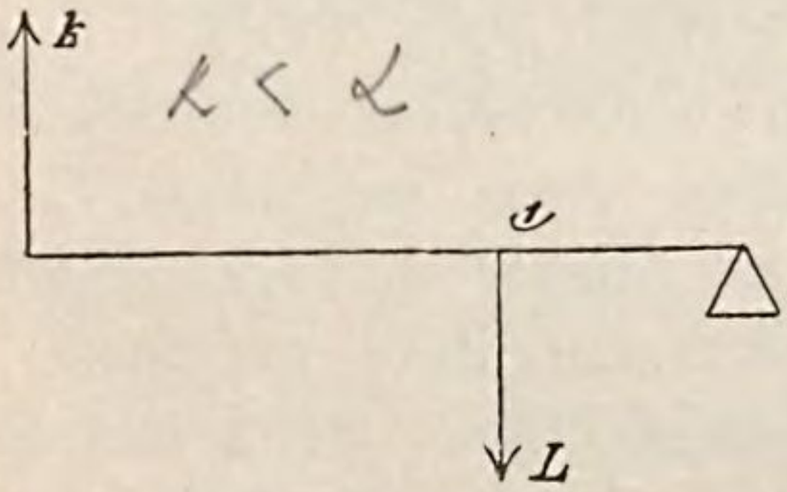
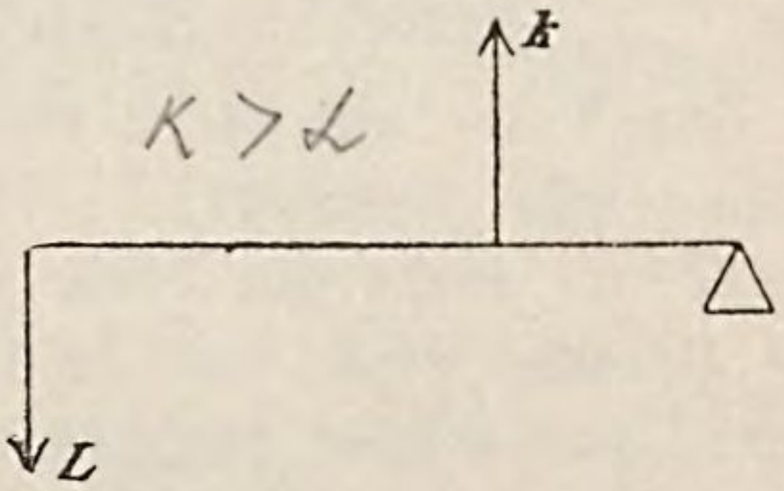
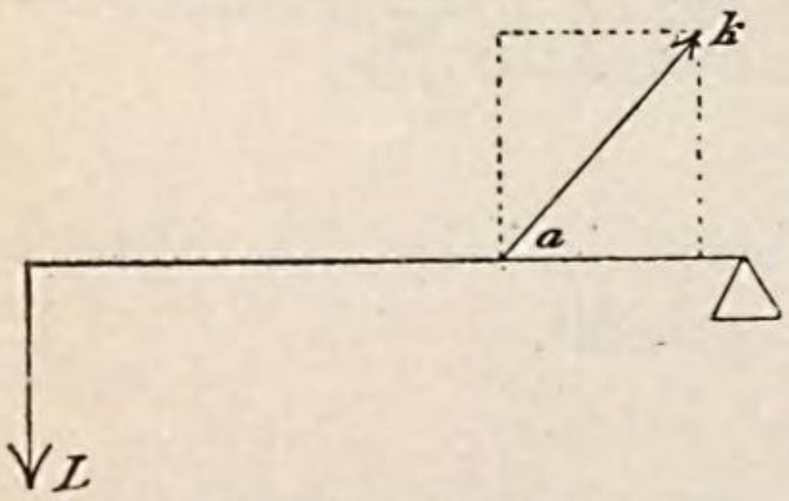


Fig. 37.



2) Die Wirkung ist ungünstiger, wenn der Angriffspunkt der Kraft (K) dem Unterstützungspunkt näher liegt als der der Last (L). Dann muss $K > L$ sein. (Fig. 37.)

Fig. 38.



3) Noch ungünstiger gestaltet sich das Verhältniss, wenn K unter einem schiefen Winkel (α) am Hebel angreift. Dann tritt nur die eine Componente von $K \sin \alpha$ in Wirkung.

Doch werden alle diese Nachteile dadurch ausgeglichen, dass eine nur geringe Zusammenziehung des Muskels schon eine bedeutende Excursion des Hebels veranlasst.

Geschwindigkeit der Hand beim Steinwurf = 22 m (in 1 Sek.)

Damit die Muskel nicht zu schräg (d. h. zu ungünstig) am Knochen ansetzen, d. h. zur Verbesserung des Muskelansatzes dienen:

a) Stachel, Höcker, Tuberositäten etc.
b) Sesambeine (z. B. Patella),
c) Rollen, Trochleae.

Ortsbewegungen

= Bewegungen des Skeletts in toto.

Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers, im labilen Gleichgewicht befindlich, liegt im kleinen Becken, etwa $1^1/_2$ ctm, vor dem Promontorium. Lot, gefällt vom Schwerpunkt auf den Boden = Schwerlinie. Die Punkte, mit welchen der Körper den Boden berührt = Unterstützungspunkte; die innerhalb der Unterstützungspunkte gelegene Fläche = Unterstützungsfläche.

A) Stehen

= senkrechte Gleichgewichtslage des Körpers.

Der Fuss ruht auf 3 Punkten: Tuberositas calcanei, Capitulum ossis metatarsi I., Capitulum ossis metatarsi V. Auf dem Talus steht die Tibia und auf dieser der Oberschenkel. Das Becken wird von beiden Oberschenkeln getragen; der Oberkörper würde nach hinten zurückfallen, wenn dem nicht durch Ligamente (Lig. ileofemorale: Ursprung Spin. ant. inf. Ansatz Linea intertrochanterica ant.) vorgebeugt wäre. Im Becken ist die Wirbelsäule befestigt und auf dieser der Kopf; derselbe sinkt nach vorn über, sofern ihn nicht Muskulatur (Nackenmuskeln) fixiert. [Der Schwerpunkt des Kopfes liegt vor dem Unterstützungspunkt durch den Atlas.]*)

B) Sitzen.

Der Körper ruht auf den Tubera ischii; die unteren Extremitäten sind ausser Thätigkeit gesetzt.

C) Gehen.

Der Schwerpunkt des Körpers wird in horizontaler Richtung fortbewegt.

Das auf dem Boden ruhende Bein = Stützbein, actives Bein; das in der Luft hängende Bein = Hangbein, passives Bein.

Beide Beine wechseln fortwährend in dieser Rolle ab und berühren in dem Augenblick des Rollentausches zu gleicher Zeit den Boden.

Die Beine = Pendel; wichtig ist die Pendellänge: je kürzer das Pendel, desto schneller die Schwingung. Daher wird beim

---

*) Daher fällt im Schlaf das Kinn auf die Brust.

schellen Gehen das Becken tiefer getragen, um die Pendellänge zu verkürzen.

Beim Eilschritt ist die Zeit, in welcher nur ein Bein den Boden berührt, grösser als die, in welcher beide Beine aufstehen; beim gravitätischen Schritt ist es umgekehrt.

D) **Laufen.**

Die Zeit, in welcher beide Beine den Boden berühren = 0.

E) **Springen.**

Der Körper wird durch schnelle und ausgiebige Contraction der Beinmuskulatur emporgeschleudert und dann der Einwirkung des Luftwiderstandes und der Schwere überlassen.

Besonders zu nennen ist die

Flimmerbewegung:

Cylindrische Epithelzellen tragen auf ihrer Basis (3—30) Härchen (Wimpern, Cilien); diese Härchen bewegen sich fortwährend in derselben Richtung und erzeugen dadurch eine Bewegung der umgebenden Flüssigkeit.

XII. Stimme und Sprache.

Kehlkopf = menschliches Stimmorgan = membranöse Zungenpfeife (siehe Gehörssinn).

Das Atemrohr ist durch eine elastische Membran verschlossen, die nur einen linearen, sagittal gelegenen Spalt besitzt, durch den die Luft hindurchtritt. Die Ränder des Spaltes (= wahre Stimmbänder) werden durch die hindurchtretende Luft in Schwingungen versetzt; durch verschieden starke Spannung der Stimmbänder infolge Muskelwirkung können die erzeugten Schwingungen modificiert werden.

Die so erzeugten Töne = menschliche Stimme. Windrohr (leitet dem Stimmorgan, der Pfeife, die Luft zu) = Unterer Larynxabschnitt, Trachea, Bronchien.

Blasebalg = der durch Muskelkraft sich expiratorisch verkleinernde Thorax.

Ansatzrohr (oberhalb des Stimmorgans gelegener Luftcanal) = oberer Larynxabschnitt, Rachen, Mundhöhle, Nasenhöhle.

Das Ansatzrohr (= Resonator, siehe Gehörssinn) erhält durch Muskelwirkung verschiedene Formen und verstärkt, sobald im Kehlkopf irgend ein Ton angegeben wird, bestimmte Obertöne des letzteren. Die im Kehlkopf erzeugten Schwingungen der Luftsäule pflanzen sich nicht nur durch den Mund nach aussen, sondern auch durch die Luftröhre und ihre Aeste nach abwärts fort, teilen sich den Lungen selbst und der Bronchialwand mit und werden dann als Erschütterung der Brustwand fühlbar (=Pectoralfremitus, Fremitus vocalis; fremo brummen, schwirren); auch der Kehlkopf selbst gerät in deutlich fühlbare Vibrationen (vibro: zittern, schwirren) = Laryngealfremitus.

Das knorplige Gerüst des Kehlkopfes besteht aus folgenden Teilen:

1) Cartilago cricoidea, Ringknorpel, Grundknorpel, bildet die Stütze aller übrigen Knorpel und den untern Rand des Kehlkopfes, ist ein platter, vorn niedriger, hinten hoher Ring. (hyalin)

2) Cartilago thyreoidea, Schildknorpel, Spannknorpel, besteht aus zwei unter einem spitzen Winkel nach vorn zusammenstossenden Platten, nimmt die vordere und die seitlichen Wände des Kehlkopfes ein. Die Cart. thyreoidea dreht sich um eine transversale Axe (transversal = Verbindungslinie beider Schultern), so dass der obere Rand nach vorn resp. hinten, der untere Rand nach hinten resp. vorn bewegt wird. (hyalin)

3) Cartilagg. arytaenoideae, Giessbeckenknorpel, Stellknorpel, sind zwei schmale dreiseitige Pyramiden, mit der Basis ziemlich dicht neben einander auf den hinteren oberen Rand der Cart. cricoidea articulierend so gestellt, dass eine vordere Ecke (= Proc. vocalis) in das Kehlkopfinnere vorspringt, eine laterale Ecke (= Proc. muscularis) seitwärts nach aussen die Cart. cricoidea überragt und zwischen beiden Giessbecken-Knorpeln ein Raum bleibt, der je nach ihrer Stellung verschiedene Form zeigt. Die Giessbeckenknorpel drehen sich um eine verticale Axe, dadurch wird der Proc. vocalis nach aussen resp. nach innen, der Proc. muscularis nach hinten resp. vorn bewegt. (hyalin, ex. elast. Proc. vocalis)

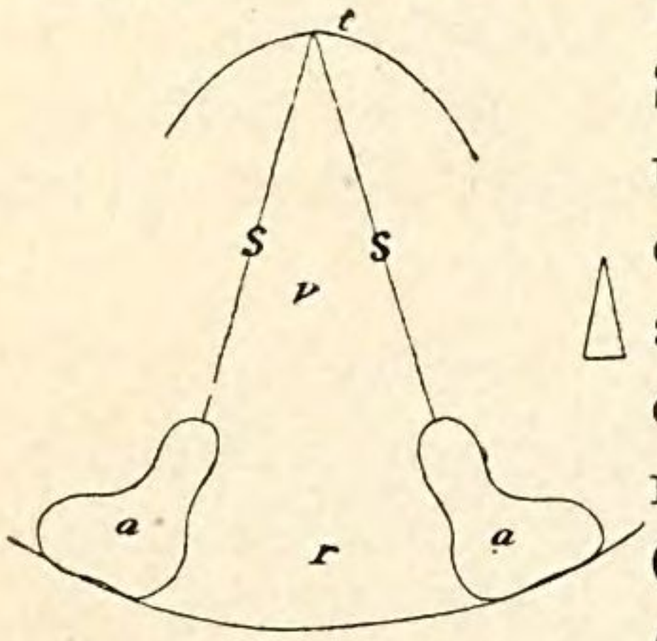
4) Epiglottis = Kehldeckel, blattförmig = bewegliche Klappe, mit ihrem Stiel (= Petiolus) in der Mitte des oberen Randes der Cartil. thyreoidea befestigt. (elastisch)

Von den Seitenrändern der Epiglottis ziehen zur Spitze der Cartt. arytaenoideae die Ligg. (auch Plicae genannt) aryepiglottica, umgrenzen den Aditus laryngis.

5) Cartilagines Santorinianae, Wrisbergianae, sesamoideae = kleinere Knorpel, liegen in den Ligg. aryepiglottica dicht oberhalb der Cartilagg. arytaenoideae. (elastisch)

Die wahren Stimmbänder (Chordae vocales, Ligg. sive Plicae thyreo-arytt. inff.) = Falten, Duplicaturen der Kehlkopf-

Fig. 39. (Glottis).



s Stimmbänder.
a Cartt. arytaenoideae.
v Glottis vocalis.
r Glottis respiratoria.
t Cart. thyreoidea.

schleimhaut, enthalten sehr viel elastisches Gewebe, keine Drüsen, entspringen etwa in der Mitte der Höhe des inneren Winkels des Schildknorpels dicht neben einander und verlaufen zu den Procc. vocales der Cartilagg. arytaenoideae. So besteht also zwischen den Stimmbändern und den inneren Rändern der Cartt. arytaenoideae eine lange Spalte = Glottis. Die Glottis dient sowohl der Stimmbildung (= Phonation, Intonation) als auch der Atmung (Respiration). Die Stimmbildung erfolgt im vorderen Teile, (d. h. da, wo die Stimmbänder liegen) = Glottis vocalis, Stimmritze; der zwischen den Cartt. arytt. gelegene Teil der Glottis dient der Atmung = Glottis respiratoria, Atemritze, auch Knorpelglottis genannt. (Teilt man die ganze Glottis von vorn nach hinten in 3 Teile, so entfallen $^2/_3$ auf die Glottis vocalis, $^1/_3$ auf die Glottis respiratoria). Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass auch die Glottis vocalis, wenn sie nicht gerade zur Stimmbildung gebraucht wird, der Atmung dient; bei der gewöhnlichen Atmung werden vielmehr beide Glottides erweitert, die ganze Glottis erscheint als ein im allgemeinen gleichschenklig dreieckiger Raum; bei angestrengter Atmung werden beide Glottides sehr stark erweitert, die ganze Glottis nimmt Rautenform an (= Wirkung der Mm. crico arytt. posticc., siehe Figur 40).

Bei der Phonation (= Stimmerzeugung) wird die Glottis vocalis bis auf eine sehr enge Spalte geschlossen; die Glottis respiratoria, bei der Stimmbildung in keiner Weise beteiligt, kann während derselben in Form eines kleinen Dreieckes offen bleiben (siehe Fig. 42). Während des Schlingaktes werden beide Glottides geschlossen.

Zu gleicher Zeit kann die Glottis vocalis geschlossen und die Glottis respiratoria geöffnet sein; das umgekehrte Verhältnis ist unmöglich.

Die falschen Stimmbänder (Ligg. sive Plicae thyreoarytt. supp.) verlaufen zwischen Cart. thyreoidea und oberen

Teil (vorderen Rand) der Cart. aryt. jederseits, sind dicht oberhalb der wahren Stimmbänder gelegen, sind bei der Stimmbildung in keiner Weise beteiligt, sind schmäler als die wahren Stimmbänder, enthalten sehr wenig elastisches Gewebe und viele Drüsen. Die zwischen den beiden falschen Stimmbändern gelegene Oeffnung heisst Glottis spuria.

Zwischen dem oberen und unteren Stimmband je einer Seite liegt eine drüsenreiche Einbuchtung der Schleimhaut, Sinus sive Ventriculus Morgagni.

Die Erscheinungen innerhalb des Kehlkopfes studiert man am besten am Lebenden mittelst des Kehlkopfspiegels, = Laryngoskopie.

Kehlkopfmuskeln.

I) M. cricothyreoideus.

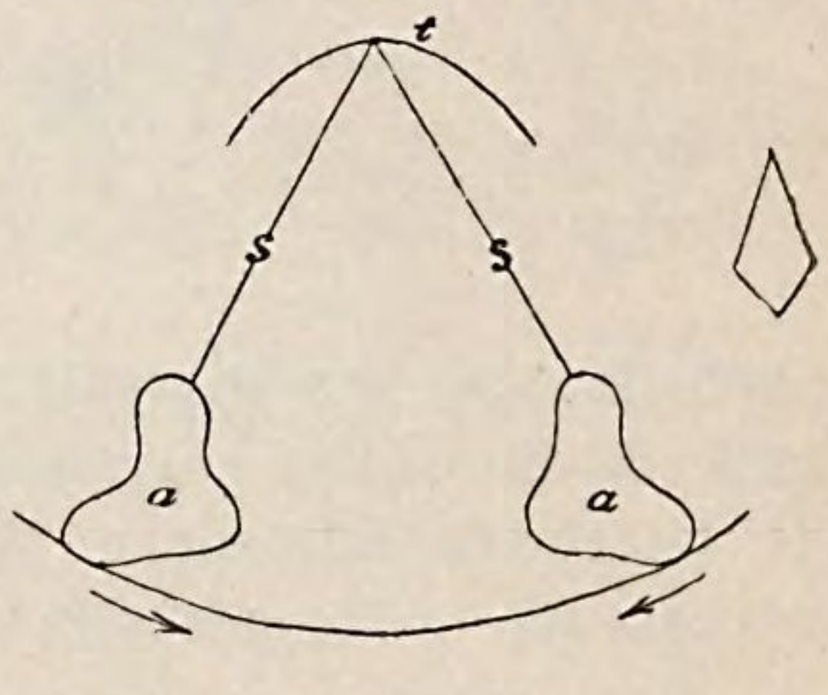
Ursprung: Vordere Fläche der Cart. cricoidea dicht neben der Mittellinie (lateral aufwärts steigende Fasern).

Ansatz: Unterer Rand der Cart. thyreoidea.

Wirkung: Dreht die Cart. thyreoidea so um ihre Achse, dass der obere Rand einen Kreisbogen nach vorn und unten beschreibt. Dadurch werden die Stimmbänder nach vorn und unten gezogen, d. h. stärker gespannt.

II) M. crico-arytaenoideus posticus. (Fig. 40.)

(Fig. 40.)



Ursprung: Hintere untere Fläche der Cart. cricoidea.

Ansatz: Proc. muscularis der Cart. arytaenoidea.

Wirkung: Zieht den Proc. muscularis nach hinten unten medianwärts, so dass die Proc. vocales und die Stimmbänder auseinanderweichen und die Glottis eine rautenförmige Figur einnimmt.

III) Mm. arytaenoidei transversi*) (Fig. 41) verlaufen in querer Richtung von einer Cart. arytaen. zur anderen, nehmen

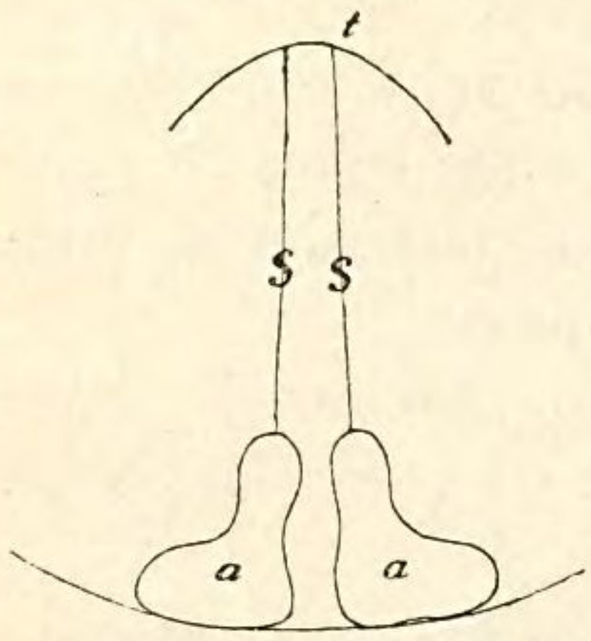
---

*) Die Mm. arytaenoidei transversi und obliqui fasst man auch als M. arytaenoideus zusammen.

M. crico-arytaenoideus post. Rhombus
— — — lat. Dreieck (Glotis resp.)

die hinteren Flächen beider Cartilagg. arytaenoideae ein, nähern dieselben einander. verengern also die Glottis.

(Fig. 41.)

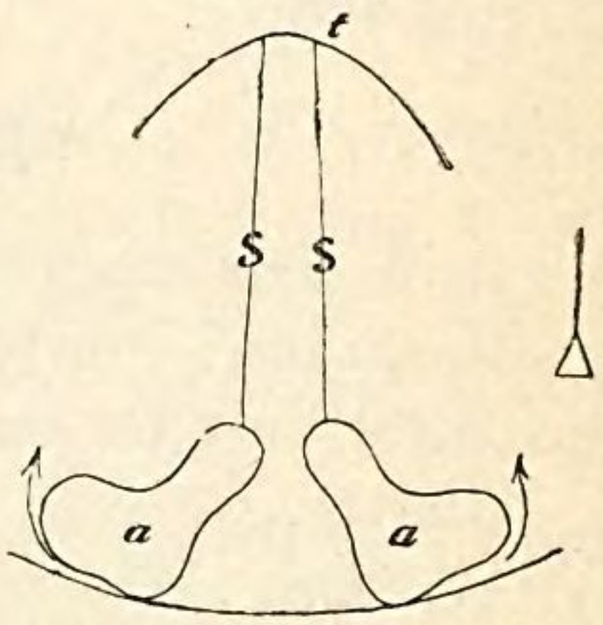


IV) Mm. arytaenoidei obliqui (Fig. 41) liegen auf den vorigen, verlaufen in schräger Richtung, verhalten sich aber im übrigen wie diese.

V) M. crico-arytaenoideus lateralis (Fig. 42).

Ursprung: Seitlicher Rand der Cart. cricoidea. (Verläuft schräg nach hinten und oben.)

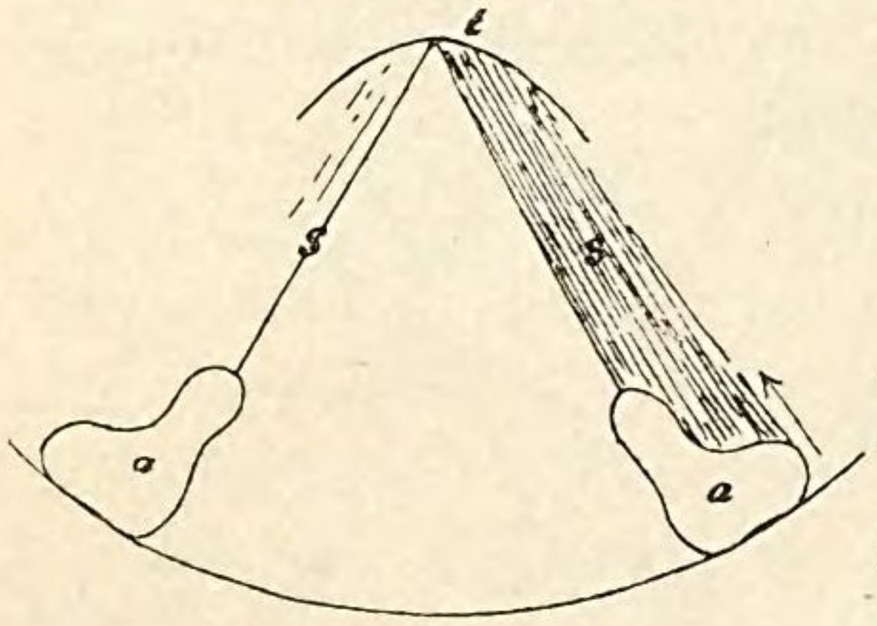
(Fig. 42.)



Ansatz: Proc. muscularis Cart. arytaen.

Wirkung: Zieht den Proc. muscularis nach vorn, so dass die Procc. vocales und die Stimmbänder einander genähert werden; dadurch wird die Glottis vocalis ein enger Spalt und die Glottis respiratoria nimmt Dreiecksgestalt an.

(Fig. 43.)



VI) M. thyreo-arytaenoideus internus (auch inferior genannt) verläuft im wahren Stimmband (Fig. 43).

Ursprung: Cart. thyreoidea.

Ansatz: Proc. vocalis.

Wirkung: Nähert Ursprung und Ansatz einander, entspannt dadurch das Stimmband. Ein Teil der Fasern dieses Muskels verläuft nach hinten divergierend nicht zum Proc. vocalis, sondern mehr nach aussen zur äusseren Kante und dem Proc. muscul. des Giesbeckenknorpels. Wenn diese Fasern sich contrahieren, wirken sie = M. crico-arytaenoideus lateralis.

VII) M. thyreo-arytaenoideus externus (superior) verläuft im falschen Stimmband.

Ursprung: Cart. thyreoidea.

Ansatz: Cart. arytaenoidea (lateraler Rand, Proc. muscularis).

Wirkung: = M. thyreo-arytaenoideus int.

das Stimmband wird entspannt durch M. thyreoarytaenoideus inf. u. sup.

Der M. thyreo-arytaenoideus internus erstreckt sich viel weiter in das wahre Stimmband hinein als der M. thyreo-arytaenoideus externus in das falsche.

VIII) M. sphincter laryngis (auch M. thyreo-aryepiglotticus genannt) verläuft in den Ligg. aryepiglottica, geht in den M. arytaenoideus obliquus über, verengert durch seine Zusammenziehung den Kehlkopfeingang.

Stets wirken die Kehlkopfmuskeln beider Seiten gleichzeitig.

Die Kehlkopfmuskeln werden vom N. vagus innerviert, und zwar entsendet derselbe 2 Aeste zum Kehlkopf:

a) N. laryngeus superior versorgt den M. cricothyreoideus und vermittelt die Sensibilität der Kehlkopfschleimhaut.

b) N. laryngeus inferior (= recurrens vagi) versorgt die übrigen Kehlkopfmuskeln.

Die Stimmbänder werden also gespannt durch die Mm. cricothyreoidei, entspannt durch die Mm. thyreo-arytaenoidei intt. und extt.

Die ganze Glottis wird geschlossen durch die Mm. arytaenoidei transversi und obliqui und den Sphincter laryngis, geöffnet durch die Mm. crico-arytaenoidei postici.

Die Glottis vocalis wird geschlossen und die Glottis respiratoria geöffnet durch Mm. crico-arytaenoidei laterales, Mm. thyreo-arytaenoidei intt. und extt.

Damit ein Ton zu Stande komme, ist es nötig, dass

1) hinreichend Luft im Thorax vorhanden sei und mit genügender Kraft zwischen den genäherten Stimmbändern hindurchgetrieben werde, damit diese in Schwingungen geraten;

2) beide Stimmbänder in der richtigen Weise eingestellt und gespannt sind.

Durch die reichlich in den Sinus Morgagni und den falschen Stimmbändern vorhandenen Schleimdrüsen werden die wahren Stimmbänder stets feucht erhalten.

Die Tonhöhe ist abhängig von

1) Länge der Stimmbänder.

Je länger die Stimmbänder (d. h. je grösser der Kehlkopf), desto tiefer der Ton.

Kinder und Frauen haben einen höheren Ton als Männer. Bis zur Pubertät ist der Kehlkopf bei beiden Geschlechtern

gleich, dann vergrössert er sich beim männlichen Geschlecht um das Doppelte (= Mutation), während er beim weiblichen Geschlecht klein bleibt.

Länge der Stimmritze
bei Kindern und Frauen 1,0—1,2 ctm,
bei Männern 1,7—1,9 ctm.

Bei Castraten (castro = der Zeugungskraft berauben; Entfernung der Geschlechtsdrüsen, der Hoden) bleibt die Vergrösserung des Kehlkopfes aus, sie behalten Knabenstimme.

2) Spannung der Stimmbänder.

Je stärker die Spannung, desto höher der Ton.

3) Stärke des Anblasens.

Je stärker angeblasen wird, desto höher wird der Ton (denn membranöse Zungenpfeifen geben bei stärkerem Anblasen einen höheren Ton).

Die Spannung in der Luftröhre beträgt

bei mittleren Tönen		160 mm Wasser,
„ hohen	„	200 „ „
„ sehr starkem Anblasen		950 „ „

Aphonie = Stimmlosigkeit.

Heiserkeit = unregelmässige Schwingungen der Stimmbänder infolge von Auflagerungen, Rauhigkeiten, Schwellungszuständen.

Jeder Mensch hat sein charakteristisches Stimm-Timbre, dasselbe hängt von der Configuration aller dem Stimmorgan zugehörigen Räume ab; die Höhe des Tones wird durch das Ansatzrohr nicht beeinflusst. Gewöhnlich schwingt nur hauptsächlich die Luft der Mundhöhle mit; wird auch die Luft der Nasenhöhle in Mitschwingungen versetzt = nasale Stimme.

Klangfarbe, Timbre der menschlichen Stimme = Register.

Man unterscheidet 2 Register:

A) Brustst imme, reich an Obertönen, kräftig, mit starker Resonanz im Windrohr (der ganze Thorax wird erschüttert).

B) Kopfstimme = Falsetstimme = Fistelstimme sehr hoch, mit wenig Obertönen, schwach, ohne Resonanz im Windrohr (der Thorax wird fast gar nicht bewegt). Die Stimmbänder in ihrer gewöhnlichen Form und Länge können so hohe Töne

nicht geben; bei der Fistelstimme schwingen die Stimmbänder nur teilweise

a) entweder nur mit einem schmalen Saum (= innere Kante der Stimmbänder),

b) oder der Länge nach in mehreren Teilen mit Bildung fester Knotenpunkte (partielle Contractionen des M. thyreo-aryt. int.).

Stimmlagen:

Man unterscheidet

Bass	= tiefste	Stimmlage	der	Männer,
Baryton	= höhere	„	„	„
Tenor	= höchste	„	„	„
Alt	= tiefste	„	der	Frauen,
Sopran	= hohe	„	„	„

Die Brauststimme eines jeden Menschen umfasst etwa zwei Octaven.

Tiefster Ton des Bassisten: 40 Schwingungen in 1 Sek.

Höchster Ton des Soprans: 1700 Schwingungen in 1 Sek.

Sprache = Lauterzeugung behufs gegenseitigen Verständnisses.

Die Sprache entsteht im Ansatzrohr (oberer Kehlkopfabschnitt, Rachen, Mund, Nase), hauptsächlich im Mund und Rachen.

Mund + Rachen = eigentliches Sprachorgan. Es bedarf nur des Anblasens vom Kehlkopf her, wo entweder ein Ton (laute Sprache) oder ein Geräusch (= leise Sprache) erzeugt wird.

Man unterscheidet nämlich:

A) Laute Sprache = Sprache + Stimme, gewöhnliche Sprache:

Stimmbänder werden einander genähert, durch die hindurchtretende Luft in Schwingungen versetzt, im Ansatzrohr Resonanz. Die laute Sprache wird gewöhnlich exspiratorisch angegeben, gelingt inspiratorisch nur undeutlich und kurze Zeit.

B) Leise Sprache, Flüstersprache, Vox clandestina = Sprache ohne Stimme:

Stimmritze mässig verengt, Stimmbänder schwingen nicht, Luft streicht hindurch an der Kante der Stimmbänder vorbei,

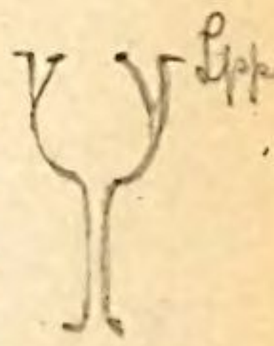
dort Geräusch*) erzeugt, im Ansatzrohr Resonanz. Flüstersprache kann inspiratorisch und exspiratorisch angegeben werden. Der Druck innerhalb der Trachea (= Stärke des Anblasens) bei der Flüstersprache beträgt 30 mm Wasser.

I. **Vocale** = Klänge (siehe „Gehörssinn".)

Bei den Vocalen charakteristische Stellung der Mundhöhle, indem die Lippen, Zunge, Gaumensegel, Kehlkopf ihre Lage verändern.

U.

Mundhöhle = weitbauchige Flasche mit kurzem engem Hals; Boden der Flasche an den Lippen. Lippen weit vorgespitzt, bis auf eine kleine Oeffnung geschlossen. Hals der Flasche zwischen Gaumen und Zungenwurzel. Zungenwurzel den hinteren Gaumenbögen genähert.



O.

Mundhöhle wie bei U, doch etwas verkürzt, Lippen etwas weiter geöffnet. Der Kehlkopf steht höher als bei U.

A.

Mundhöhle = Trichter; Lippen weit geöffnet (= Oeffnung des Trichters). Zunge liegt am Boden der Mundhöhle. Gaumensegel etwas gehoben. Kehlkopf steht höher als bei O.

E.

Mundhöhle = kleinbauchige Flasche mit langem Hals Bauch der Flasche**) zwischen Zungenwurzel und hinteren Rachenwand. Zungenrücken gehoben, Zungenränder an die inneren Ränder der Oberzähne angelegt, zwischen hartem Gaumen und Zungenrücken mediale enge Rinne (= Hals der Flasche). Lippen zurückgezogen, die Zähne begrenzen die Mundhöhle. Kehlkopf steht höher als bei A.

---

*) Geräusch = grosse Zahl verschiedener unregelmässiger Schallwellen, die zwar zusammen keinen Ton ergeben; wohl aber kann jede einzelne dieser Wellen im Resonator (Ansatzrohr) verstärkt werden.

Die Mundhöhle ist bei jeder Einstellung für einen bestimmten Vocal auch für einen bestimmten Ton abgestimmt.

**) Auch Kehlraum genannt.

J.

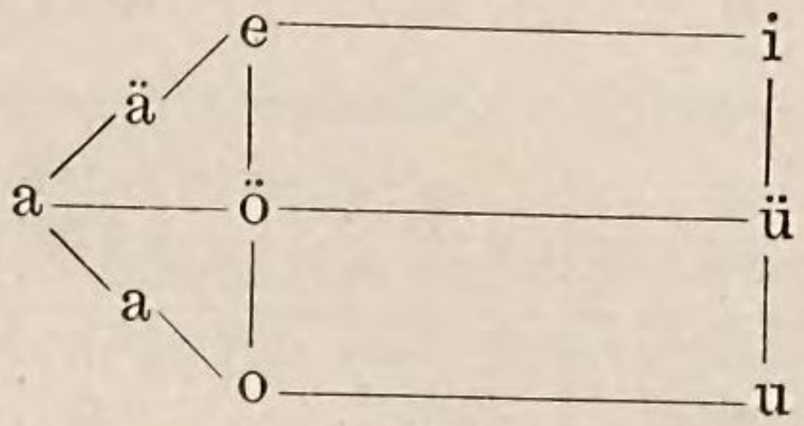
Mundhöhle wie bei E. Hals der Flasche noch enger (Zunge noch mehr dem harten Gaumen genähert). Bauch der Flasche etwas weiter. Kehlkopf steht höher als bei E.

Der Kehlkopf steht also bei U am niedrigsten, bei I am höchsten.

Diphthonge = 2 Vocale, werden gebildet, indem man aus der Stellung für einen Vocal in die für den zweiten übergeht; ein Diphthong als solcher kann nicht gehalten werden.

Zur Vocalbildung wird nur die Mundhöhle angeblasen, die Nasenhöhle wird gegen den Rachen verschlossen (siehe Schlingact); geschieht dieser Verschluss in mangelhafter Weise und wird die Luft der Nasenhöhle auch in Schwingungen versetzt, so wird die Sprache nasal, näselnd.

System der Vocale:



II. Consonanten

= Geräusche, durch den Luftstrom an verschiedenen Stellen des Ansatzrohres erzeugt. Solche Stellen, sogenannte Articulationsstellen sind:

1) Lippenthor (die dort gebildeten Consonanten = Labiales)
   Oberlippe, Unterlippe, Schneidezähne.
2) Zungenthor (Dentales)
   Zunge, Zähne, harter Gaumen.
3) Rachenthor (Gutturales)
   Zungenwurzel, weicher Gaumen.
4) Kehlkopfthor.
   Zwischen den beiden wahren Stimmbändern.

Je nach der Entstehung der Consonanten unterscheidet man:

a) Resonanten, Halbvocale, Nasenlaute.
   Thor verschlossen, Exspirationsstrom entweicht durch die Nase. Luft in Mund- und Nasenhöhle in Schwingungen versetzt.

b) Explosivae, Eruptivae, Verschlusslaute.
Durchbruch des Luftstromes durch das verschlossene Thor unter Erzeugung eines Geräusches, oder plötzlicher Verschluss eines Thores.

c) Aspiratae, Reibelaute.
Thor besonders formiert und verengt, Luft entweicht mit Geräusch.

d) Zitterlaute.
Intermittierendes Oeffnen und Schliessen des Thores; ein leicht beweglicher Körper (Gaumensegel, Zungenspitze, Lippen) wird in Schwingungen versetzt.

Articulationsstelle.	Resonanten. Nasenlaute	Explosivae.	Aspiratae.	Zitterlaute.
Lippenthor.	m	b, p	f., v., w.	Kutscher-r.
Zungenthor	n	d., t.	s, sch, l j (französ.)	Gewöhnliches-R (Zungen-R.)
Rachenthor.	Gaumen-n	g., k.	ch, j	Gaumen-r.
Kehlkopfthor.	—	—	h.	Kehlkopf-r.

Das Sprachcentrum liegt in der linken III. Stirnwindung (= Broca'sche Windung).

Verlust des Sprachvermögens = Aphasie.

Phonograph = Sprechmaschine.

Sprache und Gehör stehen in engem Zusammenhang, denn erst durch das Gehör erlernt man die Sprache.

Vergleichende Physiologie.

Die Vögel haben 2 Kehlköpfe.

1) = Kehlkopf des Menschen, hat aber mit der Stimmbildung nichts zu thun.
2) Syrinx = stimmbildender Apparat, liegt an der Vereinigungsstelle der beiden Bronchien innerhalb des Brustraumes.

Kehlkopf der Säugetiere = dem des Menschen.

XIII. Allgemeine Nervenphysiologie.*)

Man unterscheidet an einer Nervenfaser (von innen nach aussen):

α) Axencylinder = wesentlicher Bestandteil, stets vorhanden.

β) Markscheide = Nervenmark = Henlesche Scheide.

γ) Neurilemm = Schwannsche Scheide.

Nervenfaser mit Markscheide = weisse Nervenfaser, markhaltige Nervenfaser.

Nervenfaser ohne Markscheide = graue, gelatinöse Nervenfaser = marklose Nervenfaser.

Markhaltige Nervenfasern ohne Schwannsche Scheide und nackte Axencylinder finden sich im Centralnervensystem.

Bestandteile der Nerven sind:

A) Wasser (70—80 %),

B) Eiweisse,

Kalialbuminate, Globuline.

C) Fette und Fett-ähnliche Stoffe.

Protagon, Cerebrin, Lecithin.

D) Stoffe der regressiven Metamorphose.

Xanthin, Hypoxanthin, Kreatin, Harnstoff, Harnsäure.

E) Anorganische Salze.

Kali, Natron, Magnesia, Kalk, Phosphorsäure, Kochsalz, Phosphorsaures Eisenoxyd, Schwefelsäure.

Die ruhende Nervensubstanz reagiert neutral oder schwach alkalisch, die thätige und abgestorbene sauer.

Ueber den Stoffwechsel des Nervengewebes steht nur so viel fest, dass ein ungehinderter Kreislauf die Vorbedingung einer ungestörten Function darstellt; Näheres ist nicht bekannt.

*) Das Studium dieses Abschnittes setzt die Kenntnis der Muskelphysiologie voraus.

Ammoniak reizt den Nn (post) nicht, sondern nur den Muskel.

Bei Verstopfung einer Hirnarterie: sofortige Aufhebung der Function des von ihr versorgten Bezirkes. Die Centralorgane sind sehr reich, die Nervenstämme arm an Blutgefässen.

Die Reizung des Nerven.

Wird ein Nerv gereizt, so gewahrt man an ihm zunächst nichts; aber der von dem Nerven versorgte Muskel zuckt. Deshalb ist es nötig zur Untersuchung des Nerven denselben stets im Zusammenhang mit seinem Muskel zu lassen.

(Muskelzuckung = Mittel zur Wahrnehmung der Nervenreizung; mit Hülfe der Muskelzuckung prüft man die Erregbarkeit des Nerven).

Ist die Zahl der innerhalb 1 Sek. dem Nerven applicirten Reize gross genug, so gerät der Muskel in Tetanus.

Gesetz der Isolation (der isolierten Erregung): Der Reiz bleibt in der Faser, der er appliciert ist, tritt in keine benachbarte Faser über.

Nervenreize sind:

1) Der physiologische Reiz = Normalreiz = der Impuls vom Centralorgan her.

2) Mechanische Reize:

Druck, Schlag, Stich, Schnitt.*)

Alle diese mechanischen Insulte wirken nur, wenn sie hinreichend schnell und plötzlich eintreten; ein ganz langsam und allmählich einwirkender Reiz ruft keine Erscheinung hervor.

Zum Zwecke mechanischer Reizung besonders construiert ist der Tetanomotor (von Heidenhain): Ein Hämmerchen schlägt auf den darunter liegenden Nerven. Durch die schnell auf einander folgenden Schläge entsteht Tetanus des Muskels.

3) Thermische Reize:

Erwärmung auf 45° C.

Abkühlung auf −5° C.

4) Chemische Reize:

Alkalien, Metallsalze, Wasserentziehung etc.

5) Elektrische Reize (siehe Muskelphysiologie).

Der elektrische Reiz muss eine gewisse Stärke haben, um

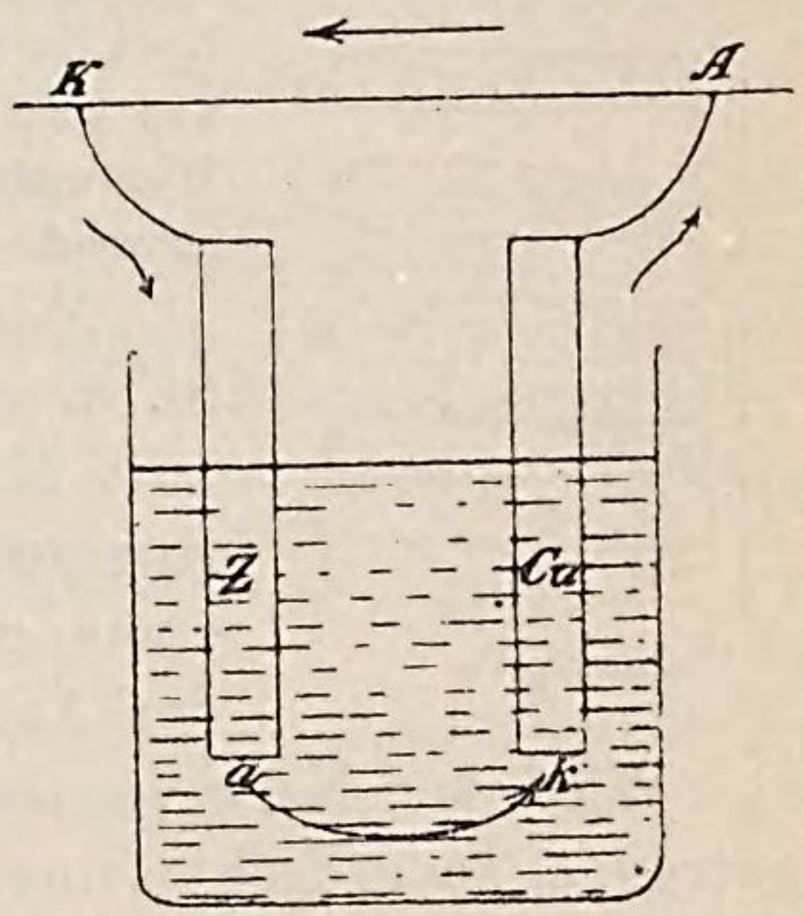
---

*) Hierher gehört die von den Chirurgen zur Heilung unerträglicher Nervenschmerzen geübte Nervendehnung.

wirksam zu werden (= Schwellenwert, Reizminimum) und muss mindestens 0,001—0,002 Sek. dauern, um den Nerven zu erregen.*)

Beim constanten Strom beachte man (Fig. 44): Der Strom geht vom Zink (*Z*) durch die Flüssigkeit zum Kupfer (*Cu*), d. h. von *a* nach *k*.

Fig. 44.



Woher der Strom kommt = Anode.

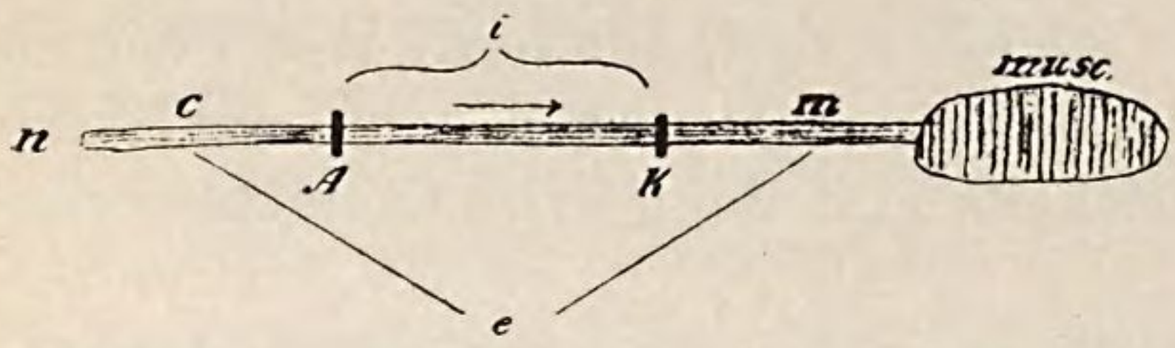
Wohin der Strom geht = Kathode.

Daher also (streng physikalisch) Zink = Anode, Kupfer = Kathode.

Berücksichtigt man jedoch die Richtung des Stromes in einem angelegten Nerven, so fliesst in demselben der Strom von *A* nach *K* d. h. vom Kupfer zum Zink; deshalb bezeichnet man bei den physiologischen Untersuchungen häufig Kupfer als die Anode, Zink als die Kathode.

Ist der Strom im Nerven vom Gehirn zum Muskel gerichtet = absteigender Strom (Fig. 45), umgekehrt = aufsteigender Strom. Die zwischen den Elektroden gelegene Strecke des Nerven (*n*) = intrapolar (*i*); die ausserhalb der Elektroden gelegene Strecke des Nerven = extrapolar (*e*) und zwar entsprechend myopolar (*m*) resp. centropolar (*c*).

Fig. 45.



Lässt man den constanten Strom in den Nerven eintreten, so zuckt der Muskel nur bei der Schliessung und bei der Oeffnung (Schliessungszuckung, Oeffnungszuckung); ist der Strom geschlossen, so zeigt sich keine Wirkung am Muskel. Es bedarf also, wie bei der Reizung des Muskels selbst, des fortwährenden intermittierenden Oeffnens und Schliessens und gleichzeitiger Umkehrung des Stromes. Dann gelingt es durch electrische Reizung des Nerven Muskeltetanus hervorzurufen.

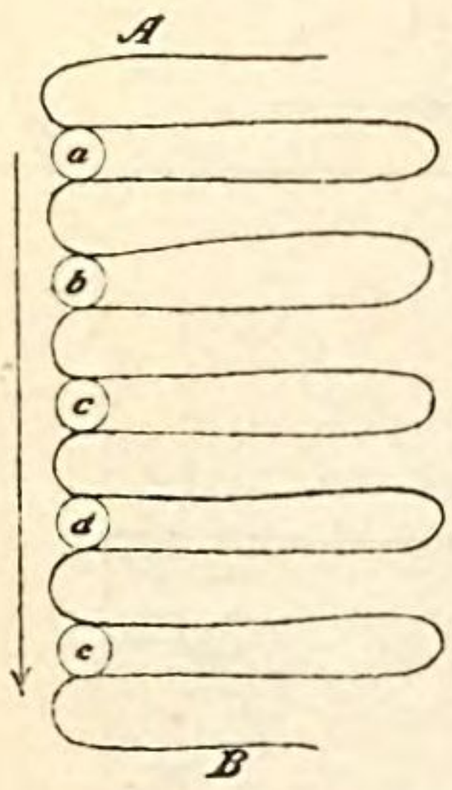
Der Nerv ist specifisch leichter erregbar als der Muskel;

---

*) Wird ein sehr schwacher wirkungsloser Reiz ganz vorsichtig und allmählich gesteigert, so gelingt es, ihn bis zu einer bedeutenden Stärke zu erhöhen, ohne dass eine Wirkung erfolgt, = Einschleichen des Reizes. Die Wirkung eines Reizes hängt also von seiner Stärke und von der Schnelligkeit des Eintritts ab.

um deshalb beliebig schwache Ströme anwenden zu können, ist das Rheochord (Fig. 46) construiert:

Fig. 46.



Gewöhnlich geht der Strom in der Richtung des Pfeiles (von *A* nach *B*) grade durch den Apparat hindurch; werden jedoch einzelne der Schrauben (*a, b, c, d, e*) entfernt, so muss der Strom einen grossen Umweg machen und wird abgeschwächt. So kann man beliebig grosse Widerstände einschalten und den Strom beliebig abschwächen (= Princip der Nebenschliessung).

Wird der Nerv in übermässiger Weise (d. h. zu lange resp. zu stark) gereizt, so tritt Erschöpfung, Ermüdung (= Verringerung der Erregbarkeit) ein; erst nach einer gewissen Zeit der Erholung erlangt der Nerv seine frühere Erregbarkeit wieder.

Wird der Nerv von seinem Centrum (z. B. durch Schnitt) getrennt, so erlischt seine Erregbarkeit.

Ritter-Valli'sches Gesetz:

Die Erregbarkeit erlischt (in dem abgeschnittenen Nerven nicht an allen Stellen zu gleicher Zeit, sondern) vom Centrum zur Peripherie hin; jede Stelle zeigt vorher noch auf kurze Zeit eine erhöhte Erregbarkeit; erst dann erlischt letztere vollständig.

Zugleich mit dem Erlöschen der Erregbarkeit zeigt der vom Centrum getrennte Nerv anatomische Veränderungen, eine Degeneration.*)

Die Nerven stehen also in nutritiver Abhängigkeit von ihrem Centralorgan.

Diese Erkenntnis benutzt man, um den Verlauf von Fasersystemen aufzufinden. Man durchschneidet und stellt fest, wo Degenerationen eintreten.

Wird der Nerv an einer Stelle gereizt, so verstreicht eine bestimmte messbare Zeit, bis der zugehörige Muskel zuckt. Zieht man von dem gefundenen Wert die Dauer der latenten Reizung des Muskels ab, so findet man die Zeit, welche verflossen ist, bis der Reiz innerhalb des Nerven von der Applicationsstelle bis zum Muskel gelangt ist.

---

*) Degeneration, Entartung = eine Art Gewebe geht in eine andere Art über; aus dem Nervengewebe bildet sich ein anderes (minderwertiges) Gewebe.

Man benutzt zu diesem Zwecke den Froschunterbrecher und reizt einmal den Nerv dicht am Muskel, das andere Mal etwas weiter davon entfernt und beobachtet, wie lange Zeit nach Application des Reizes der Muskel sich zusammenzieht. Im letzteren Fall tritt die Muskelzuckung später auf als im ersteren. Die Zeitdifferenz = Zeit der Fortpflanzung des Reizes innerhalb der (in Bezug auf die Länge) bekannten Nervenstrecke. [Dem gleichen Zwecke dient das Federmyographion*)]

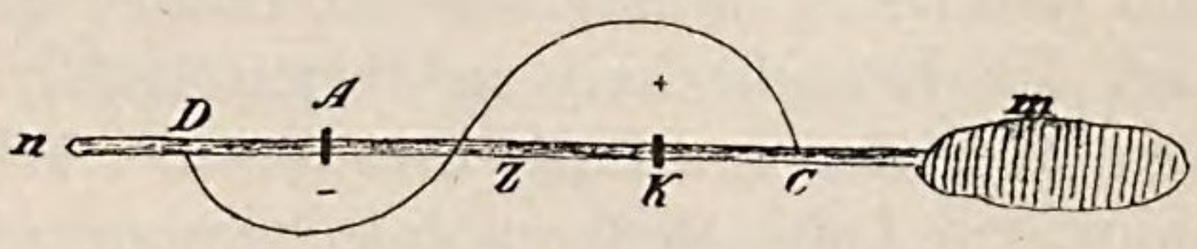
Beim Menschen reizt man den N. medianus in der Achselhöhle und dicht am Handgelenk und lässt beide Male die Muskulatur des Daumenballens ihre Zuckung aufschreiben. Geschwindigkeit der Nervenerregung: 30—40 m in 1 Sek. (d. h. die Nervenerregung pflanzt sich in 1 Sek. um 30—40 m fort. Warmblüter 28 m Frosch 24 m pro Sek.

Der constante Strom.

[Vorher zu bemerken:
Reizt man einen Nerven durch chemische Mittel, so ist z. B. 0,1%-ige Natronlauge grade noch geeignet, eine Zuckung hervorzurufen; eine dünnere Lösung würde nicht mehr wirken.]

Wird der Nerv vom constanten Strom durchflossen, so erfolgt nur bei Oeffnung und Schliessung eine Zuckung; während der Strom geschlossen ist, erscheint der Nerv bei blosser Betrachtung unverändert. Man kann also, während der constante Strom geschlossen ist und Nerv und Muskel ruhen, noch durch Application irgend eines anderen Nervenreizes den Muskel zur Zuckung bringen. Führt man dies aus, so zeigt sich, dass man das nicht wie vorher z. B. mit 0,1%-iger Natronlauge erreicht, sondern dass man in der Gegend der Kathode schon mit 0,08%-iger Lösung eine Zuckung hervorruft, während im Gebiet der Anode erst 0,12%-ige Lösung eine Zuckung herbeiführt.

Fig. 47.



*) Ein Muskel wird in Zuckung versetzt und zeichnet dieselbe auf eine an ihm mittelst Federvorrichtung vorbeischiessende Tafel auf. Zugleich schreibt eine in Schwingungen versetzte Stimmgabel ihre Bewegungen auf dieselbe Tafel. Da feststeht, wieviel Schwingungen der Stimmgabel in 1 Sekunde erfolgen, so ist die Dauer jeder einzelnen Schwingung = bestimmter Bruchteil einer Sekunde. Also Stimmgabel = zeitmessender Apparat. Man reizt nun ebenso wie am Froschunterbrecher den Nerven 2 mal, das eine Mal dicht am Muskel, das andere Mal eine

Anelectrotonus = schwerere Erregbarkeit.
Katelectrotonus = leichtere Erregbarkeit.

Der Nerv vom constanten Strom durchflossen, scheinbar unverändert, hat also eine Veränderung seiner Erregbarkeit erfahren; die Veränderung der Erregbarkeit des Nerven durch den constanten Strom = physiologischer Electrotonus.

Im Gebiete der Anode ist der Nerv schwerer, im Gebiete der Kathode leichter erregbar.

Der Zustand der leichteren Erregbarkeit im Gebiete der Kathode = Katelectrotonus.

Der Zustand der schwereren Erregbarkeit im Gebiete der Anode = Anelectrotonus (Fig. 47).

Innerhalb der Elektroden findet ein allmälicher Uebergang zwischen diesen beiden Zuständen statt; daher liegt zwischen Anode und Kathode ein sogenannter indifferenter Punkt (Z).

Auch ausserhalb der Elektroden kann auf eine grössere Entfernung hin diese Veränderung der Nervenerregbarkeit beobachtet werden.

Je stärker der constante Strom ist, desto grösser wird auch die Veränderung der Erregbarkeit; sehr starker Anelectrotonus (= sehr starke Herabsetzung der Erregbarkeit) macht den Nerven an der betroffenen Stelle fast vollständig unerregbar, vollständig undurchgängig für irgend einen Reiz.

Oeffnet man den constanten Strom, so verschwinden die durch ihn gesetzten Zustände (Anelectrotonus, Katelectrotonus) wieder; doch kehrt die Erregbarkeit nicht mit einem Schlage zu ihrem ursprünglichen Wert zurück, sondern zeigt erst einen Umschlag im entgegengesetzten Sinne (= Modification der Erregbarkeit), schwankt dann kurze Zeit hin und her*). Die Schwankungen der Erregbarkeit werden immer geringer, und schliesslich ist die Erregbarkeit zu ihrem früheren Zustande zurückgekehrt. War der constante Strom sehr stark, so können diese Schwankungen beim Oeffnen des Stromes so bedeutend

---

bestimmte Strecke davon entfernt. Die vom Muskel in beiden Fällen auf die Tafel gezeichneten Zuckungscurven liegen eine bestimmte Strecke auseinander, deren Wert in Sekunden (mit Hülfe der aufgezeichneten Stimmgabelschwingungen) sofort angegeben werden kann.

*) Wie ein aus der Ruhelage gebrachtes Pendel zunächst nach der entgegengesetzen Seite ausschlägt, dann sich fortwährend hin- und herbewegt und erst allmälich zur Ruhe kommt.

sein, dass der dadurch gegebene Reiz den Muskel in Tetanus versetzt = Ritter'scher Oeffnungstetanus.

Da beim Oeffnen des constanten Stromes zwei Zustände (Anelectrotonus und Katelectrotonus) unter Schwankungen verschwinden, so kann der Oeffnungstetanus entweder durch den erlöschenden Anelectrotonus, oder durch den erlöschenden Katelectrotonus oder durch beide zugleich bedingt sein; zur genaueren Beantwortung dieser Frage 2 Versuche:

α) Man erzeugt bei starkem absteigenden Strom den Ritterschen Oeffnungstetanus und durchschneidet, während der Tetanus noch besteht, im indifferenten Punkt (d. h. zwischen Anode und Kathode), entfernt also den verschwindenden Anelectrotonus vom Muskel und lässt nur den verschwindenden Katelectrotonus zurück: der Tetanus erlischt sofort, trotzdem der verschwindende Katelectrotonus noch in Verbindung mit dem Muskel geblieben ist.

β) Man erzeugt bei starkem aufsteigenden Strom den Ritterschen Oeffnungstetanus und durchschneidet im indifferenten Punkt, entfernt also den verschwindenden Katelectrotonus vom Muskel, während der verschwindende Anelectrotonus im Zusammenhang mit dem Muskel bleibt: Der Tetanus besteht fort.

Daraus folgt: Bei Oeffnung des constanten Stromes verschwinden Anelectrotonus und Katelectrotonus; nur der verschwindende Anelectrotonus ist = Reiz für den Nerven.*)

Ferner hat sich gezeigt:

Bei absteigendem Strom tritt nach dem Moment der Schliessung die Schliessungszuckung um eine gewisse Zeit früher als die Oeffnungszuckung nach dem Moment der Oeffnung ein. Die Zeitdifferenz = Zeit der Fortpflanzung des Reizes durch die intrapolare Strecke. Das die Schliessungszuckung verursachende Moment liegt also um die intrapolare Strecke dem Muskel näher als das die Oeffnungszuckung herbeiführende Moment.

Letzteres ist der verschwindende Anelectrotonus; folglich

---

*) Da Anelectrotonus = verminderte Erregbarkeit, so ist Verschwinden des Anelectrotonus = Erhöhung der Erregbarkeit.

Schliessungszuckung > Öffnungszuckung.
Katelectrotonus eintritt > Reiz als Anelectrotonus verschwinden.

ist das erstere durch den Katelectrotonus gegeben, der im Augenblick der Stromesschliessung eintritt.

Demnach ist der eintretende Katelectronus (= Erhöhung der Erregbarkeit) ein Reiz für den Nerven.

Für den Nerven sind also Reize:

Eintreten des Katelectrotonus.

Verschwinden des Anelectrotonus, so erklärt sich die Wirkung der Schliessung resp. Oeffnung des constanten Stromes.

Die Schliessungszuckung wird durch den Eintritt des Katelectrotonus, die Oeffnungszuckung durch das Verschwinden des Anelectrotonus bewirkt.

Der Eintritt des Katelectrotonus ist, wie sich gezeigt hat, ein etwas stärkerer Reiz als das Verschwinden des Anelectrotonus.

Pflüger'sches Zuckungsgesetz (siehe die Tabelle Seite 203).

A) Bei sehr schwachem constanten Strom ist der Eintritt des Katelectrotonus eben ein Reiz, das Verschwinden des Anelectrotonus ist noch ohne Wirkung.

Daher giebt es nur eine Schliessungszuckung, keine Oeffnungszuckung.

B A) Bei mittelstarken constanten Strömen ist beides ein Reiz; es erfolgt jedesmal, bei der Oeffnung und bei der Schliessung sowohl des aufsteigenden wie des absteigenden Stromes, eine Zuckung.

C) Bei starkem

absteigendem Strom

beim Schluss durch den Eintritt des Katelectrotonus eine Zuckung. Bei der Oeffnung müsste durch den verschwindenden Anelectrotonus eine Zuckung eintreten; jedoch liegt zwischen Anelectrotonus und Muskel der durch die Stromesöffnung in einen Anelectrotonus umgewandelte Katelectrotonus; dadurch wird die Strecke undurchgängig; der Reiz des verschwindenden Anelectrotonus gelangt nicht zum Muskel; die Muskel zuckt also nicht.

aufsteigendem Strom

sollte beim Schluss durch den eintretenden Katelectrotonus eine Zuckung erfolgen, doch liegt zwischen

Katelectrotonus und Muskel der den Weg versperrende Anelectrotonus. Der Reiz gelangt also nicht zum Muskel; der Muskel bleibt in Ruhe.

Bei der Oeffnung wird der Muskel durch den verschwindenden Anelectrotonus in Zuckung versetzt.

Von einer gewissen Stärke des Stromes an bleibt der Muskel während des Geschlossenseins in Contraction = Schliessungstetanus.

Tabelle (= Zuckungsgesetz für den constanten Strom).

	Absteigender Strom.		Aufsteigender Strom.	
Stromsärke	Oeffnung	Schliessung	Oeffnung	Schliessung
Schwach	Ruhe	Zuckung	Ruhe	Zuckung
Mittelstark	Zuckung	Zuckung	Zuckung	Zuckung
Stark	Ruhe	Zuckung	Zuckung	Ruhe

Für die Anwendung der Elektrizität zu Heilzwecken (= Elektrotherapie) ist zu beachten, dass durch Application der Anode auf irgend eine Stelle des Nerven die Erregbarkeit (eventuell Schmerzen) herabgesetzt wird, während durch die Kathode die Erregbarkeit (z. B. gelähmter Nerven) erhöht wird.

Der elektrische Strom besitzt katalytische (= lösende, zerteilende) Eigenschaften, er wirkt

1) chemisch (= Elektrolyse),
2) physikalisch (= kataphorisch) die Flüssigkeit strömt vom positiven zum negativen Pol,
3) vasomotorisch.

Die elektrische Untersuchung muss mit dem constanten und faradischen Strom, sowohl durch direkte Applikation auf den Muskel als auch durch indirekte Reizung des letzteren vom Nerven aus vorgenommen werden.

Elektromotorische Eigenschaften.

Der Mensch besitzt eigene elektromotorische Kraft = dem Muskel (siehe denselben).

(Für die Nerven gelten dieselben Sätze wie für den Muskel. Der vom Nerven selbst erzeugte Strom = Nervenstrom.)

Wird der Nerv durch eine Einzelreizung (auch Tetanus = Summe von Einzelreizen) erregt, so wird die elektromotorische

Kraft geringer, sie erleidet eine negative Schwankung. Diese negative Schwankung (= Verringerung der elektromotorischen Kraft) pflanzt sich nach beiden Seiten hin fort, d. h. man beobachtet sie, was für ein Nerv es auch sei, nach beiden Seiten hin von der Applikationsstelle eines Reizes (= Beweis für das doppelsinnige Leitungsvermögen der Nerven).

Lässt man durch einen Nerven einen constanten Strom hindurchgehen, so erleidet der Nervenstrom gewisse Veränderungen = physikalischer Elektrotonus:

Sind Nervenstrom und constanter Strom gleichgerichtet, so wird der Nervenstrom verstärkt = positive Phase des Elektrotonus; sind Nervenstrom und constanter Strom entgegengesetzt gerichtet, so wird der Nervenstrom abgeschwächt = negative Phase des Elektrotonus.

[Zusammenfassung:

α) Nerv + constanter Strom = Veränderung der Erregbarkeit des Nerven = physiologischer Elektrotonus.

β) Nervenstrom + constanter Strom = physikalischer Elektrotonus.

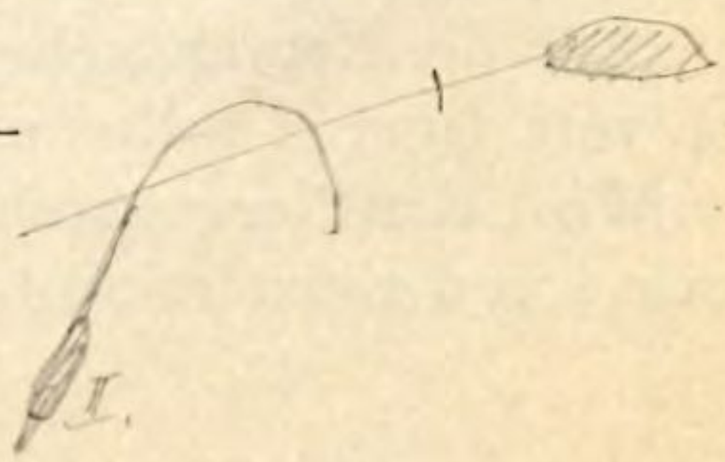
γ) Nervenstrom + Einzelreizung = negative Schwankung.]

Legt man an einen Nerv anstatt eines ableitenden metallenen Bogens einen zweiten Nerv und reizt den ersten Nerv, so entsteht in dem ableitenden Kreis die negative Schwankung (= Reiz für den zweiten Nerv); der zweite Muskel zuckt = secundäre Zuckung. Wird der erste Muskel in Tetanus versetzt, so gerät auch der zweite in Tetanus = secundärer Tetanus.

Wird ein Nerv (z. B. N. tibialis) an irgend einer Stelle gereizt, so erfolgt nicht nur an der Stelle der Reizung, sondern auch nach beiden Richtungen von der Reizungsstelle aus die negative Schwankung, welche für andere anliegende Nervenfasern, besonders für den weiter oben dem N. tibialis anliegenden N. peroneus einen Reiz bildet; bei Reizung des N. tibialis zuckt auch die vom N. peroneus versorgte Muskulatur = paradoxe Zuckung*)

---

*) Diese Beobachtung steht in scheinbarem Widerspruch zu dem Gesetz der Isolation.



XIV. Centralnervensystem.

Das Centralnervensystem besteht aus

a) dem grauen Nervengewebe = graue Substanz = Nervenzellen*) (+ Neuroglia) = centrale Teile = Centren, sind automatischer Erregung fähig, d. h. von ihnen können ohne äussere Anregung Impulse ausgehen. In der grauen Substanz ruht die psychische Thätigkeit. Auch überträgt die graue Substanz von sensiblen Nerven übermittelte Reize auf motorische Nerven (siehe Reflexe, Abschnitt XV).

b) dem weissen Nervengewebe = weisse Substanz = weisse Markmasse = leitende Teile = Nervenfasern (+ Neuroglia).

Das Gewicht des menschlichen Gehirns beträgt ca. 1300 gr.

Als Centralorgane werden bezeichnet:

Grosshirn,
Kleinhirn,
Medulla oblongata,
Rückenmark.

Grosshirn.

Die graue Substanz des Gehirns ist an verschiedenen Stellen in grösserer Masse angehäuft. (Fig. 48).

α) An der Peripherie als Hirnrinde (Cortex cerebri) = peripherisches Hirngrau (Fig. 48 $_R$) = höchstes Centralorgan für alle Vorgänge der Psyche, der Motilität und Sensibilität.**)

β) Im Innern (Centrum) als grosse Ganglien = infracor-

---

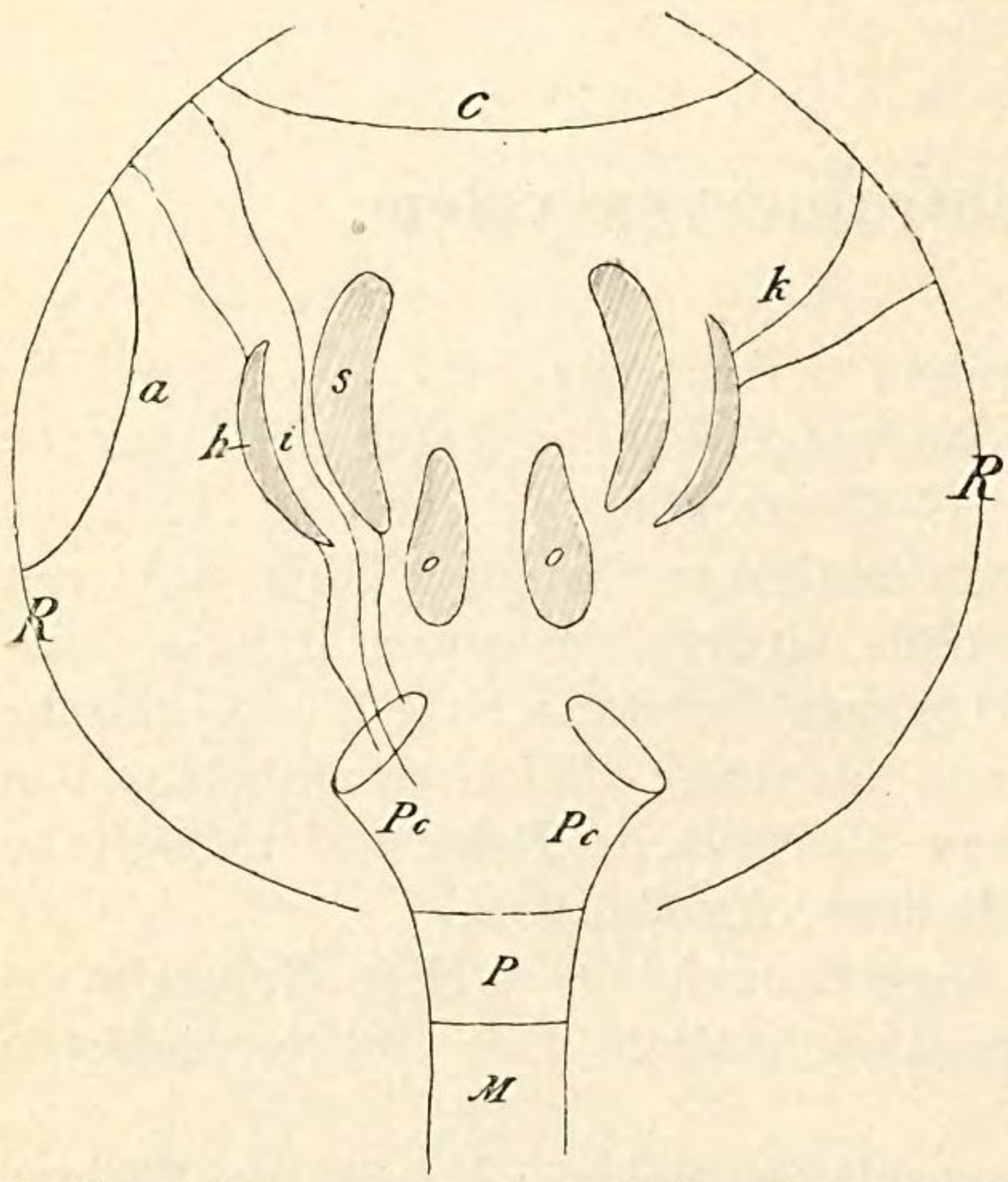
*) Auch Ganglienzellen genannt.

Ganglion = Anhäufung von Ganglienzellen.

**) Claustrum und Nucleus amygdalae = modificierte Abschnitte der Grosshirnrinde.

ticale Ganglien = centrale Hirnganglien = Centren zweiter Ordnung = centrales Hirngrau.

Fig. 48.



R Hirnrinde.
s Corpus striatum.
h Nucleus lentiformis.
o Thalmus opticus.
Pc Pedunculus cerebri.
P Pons
M Medulla oblongata.
i Innere Kapsel.

Corpus striatum (= Nucleus caudatus, *s*); Nucleus lentiformis (*h*); Thalamus opticus (*o*); Corpora quadrigemina*) (= Vierhügel).

Zwischen den verschiedenen Anhäufungen grauer Substanz liegt weisse (leitende) Substanz = Verbindung der einzelnen Centren untereinander.

Man unterscheidet:

1) Fasern, welche beide Hemisphären mit einander verbinden = Commissurfasern (*c*).

Balken. Vordere Commissur des III. Ventrikels.

2) Fasern, welche verschiedene Rindengebiete derselben Seite mit einander verbinden = Associationsfasern (*a*).

3) Fasern, welche radiär von der Rinde zum Centrum verlaufen, und indem sie teils durch die centralen Ganglien hindurchtreten, teils an diesen vorbeigehen (*i*), in den Hirnschenkel (*P.c*) gelangen = Stabkranzfasern (*h*), Corona radiata (= Hirnschenkelsystem).

Centrum semiovale Vieussenii. Innere Kapsel (*i*).

Der Hirnschenkel (= Leitungsbahn vom Gehirn zur Peripherie) zerfällt in

I) Fuss des Hirnschenkels = ventraler Teil des Hirnschenkels = motorische Bahnen.

*) Corpp. quadrigemina auch = Mittelhirn bezeichnet.

Der Hirnschenkelfuss steht in Verbindung mit dem Corpus striat., Nucleus lentif. und Capsula int.; daher auch Corpus striat. + Nucleus lentif. = Ganglien des Fusses genannt.

II) Haube des Hirnschenkels = dorsaler Teil des Hirnschenkels = sensible Bahnen.

Die Haube steht in Verbindung mit dem Thalamus opticus, Corpp. quadrigemica und Capsula int.

Beide Hirnschenkel convergieren zur Brücke (Pons); die Brücke setzt sich in die Medulla oblongata und diese wiederum in die Medulla spinalis fort.

Hirnschenkel, Brücke, Med. oblongata, Med. spinalis:

1) = Leitungsbahnen vom Gehirn zur Peripherie,
2) enthalten sie aber auch eine fortlaufende Kette von Ganglienzellengruppen, haben somit auch selbstständige Functionen (= Centren).

Die vom Gehirn zur Peripherie verlaufenden Fasern liegen meist in Bündeln, Gruppen, Strängen (= Funiculi) zusammen = Fasersysteme. Alle peripherischen Teile des Körpers sind in der Hirnrinde vertreten; Hirnrinde = Projectionsfläche, auf welche die Aussenwelt projiciert ist. Leitungsbahn zwischen Grosshirnrinde und Peripherie = Projectionssysteme.

Hirnstamm = Ursprungsgebiet der 12 Hirnnerven (mit Ausnahme des N. olfactorius); dieselben entspringen aus einer fortlaufenden Kette von Ganglienzellengruppen = sogenannte Nervenkerne = Ursprungsganglien der Hirnnerven (in der Med. oblongata und Pons [= Boden des IV. Ventrikels], dem Pedunc. cerebri [= Boden des Aquaeduct. Sylvii]). Diese Nervenkerne sind jedoch nur als Centren zweiter Ordnung (infracorticale Ganglien) zu betrachten und stehen durch Fasern mit der Hirnrinde (= höchste Instanz) in Verbindung.

[Dasselbe Verhältnis findet sich im Rückenmark:

a) graue Substanz (Vorderhörner, Hinterhörner) = Ganglienzellengruppen = Centren zweiter Ordnung,
b) weisse Substanz = Nervenfasern = leitende Verbindung,
   1. zwischen Grosshirn und Peripherie,
   2. zwischen Grosshirn und grauer Substanz des Rückenmarks,
   3. zwischen grauer Substanz des Rückenmarks und Peripherie,
   4. zwischen verschiedenen Teilen der grauen Substanz des Rückenmarks.]

Pons, Med. oblongata = Uebergangsgebiet zwischen Gehirn und Rückenmark. In diesem Uebergangsgebiet findet eine vollständige Kreuzung der beiderseitigen Fasersysteme statt

(so dass z. B. die rechte Körperhälfte auf die linke Grosshirnhemisphäre projiciert werden muss*)). Diese Kreuzung erfolgt zum grössten Teil in der Decussatio pyramidum, Pyramidenkreuzung der Med. oblongata. Doch ist zu bemerken:

a) Die Fasern des N. oculomotorius kreuzen sich centralwärts von dem am Boden des Aquaeductus Sylvii gelegenen Oculomotorius-Kern.

b) Die Facialis-Fasern kreuzen sich innerhalb des Pons.

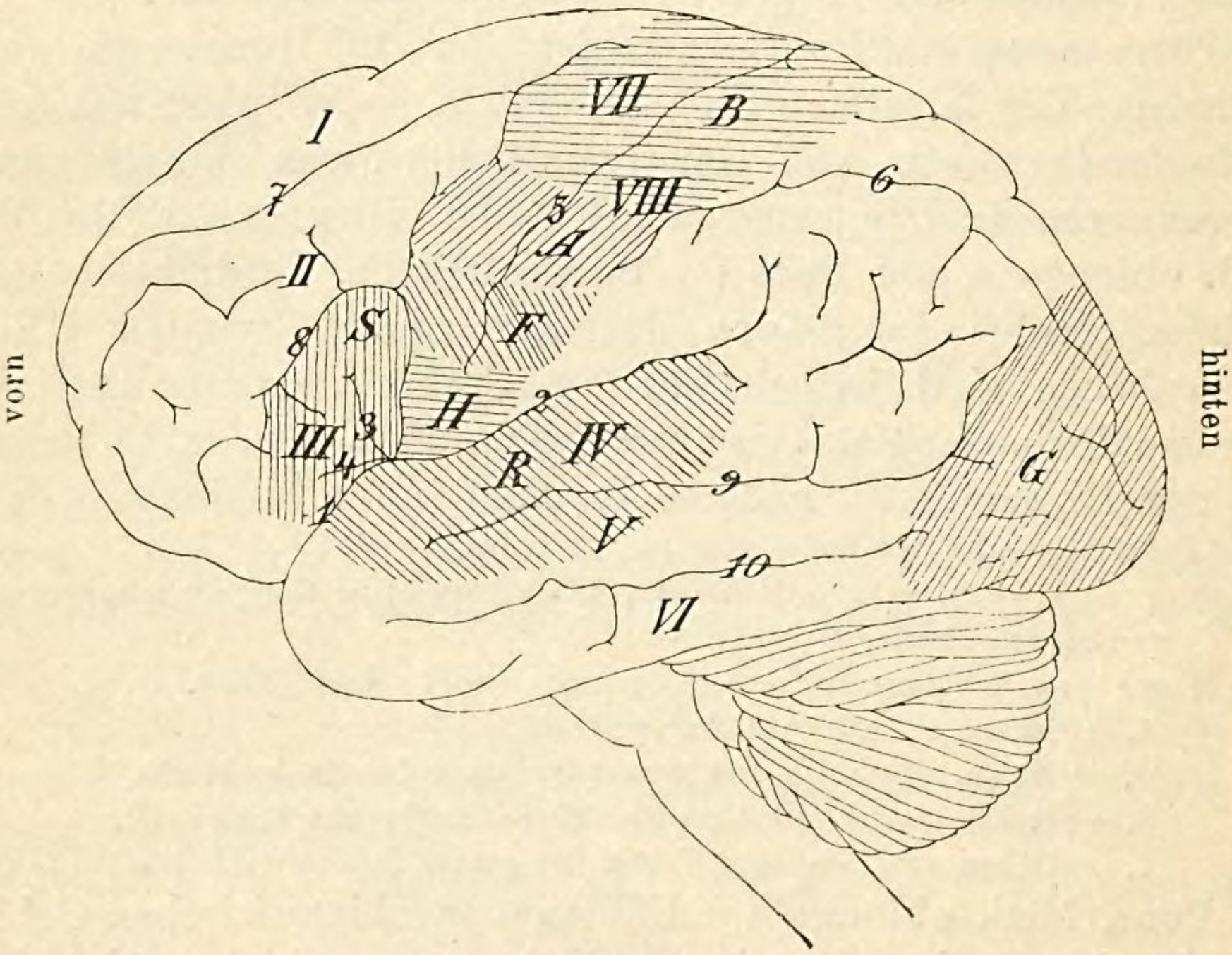
c) Die Nn. optici kreuzen sich erst ausserhalb des Gehirns im Chiasma.

d) Ein Theil der Fasern (besonders der sensiblen Hautnerven) kreuzen sich im Rückenmark.

Für die verschiedenen Teile des Grosshirns gilt der Satz: Ein unversehrt gebliebener Teil gleichartiger Hirnsubstanz kann bis zu einem gewissen Grade für ein verloren gegangenes Stück eintreten = Gesetz der functionären Stellvertretung (Loi de suppléance).

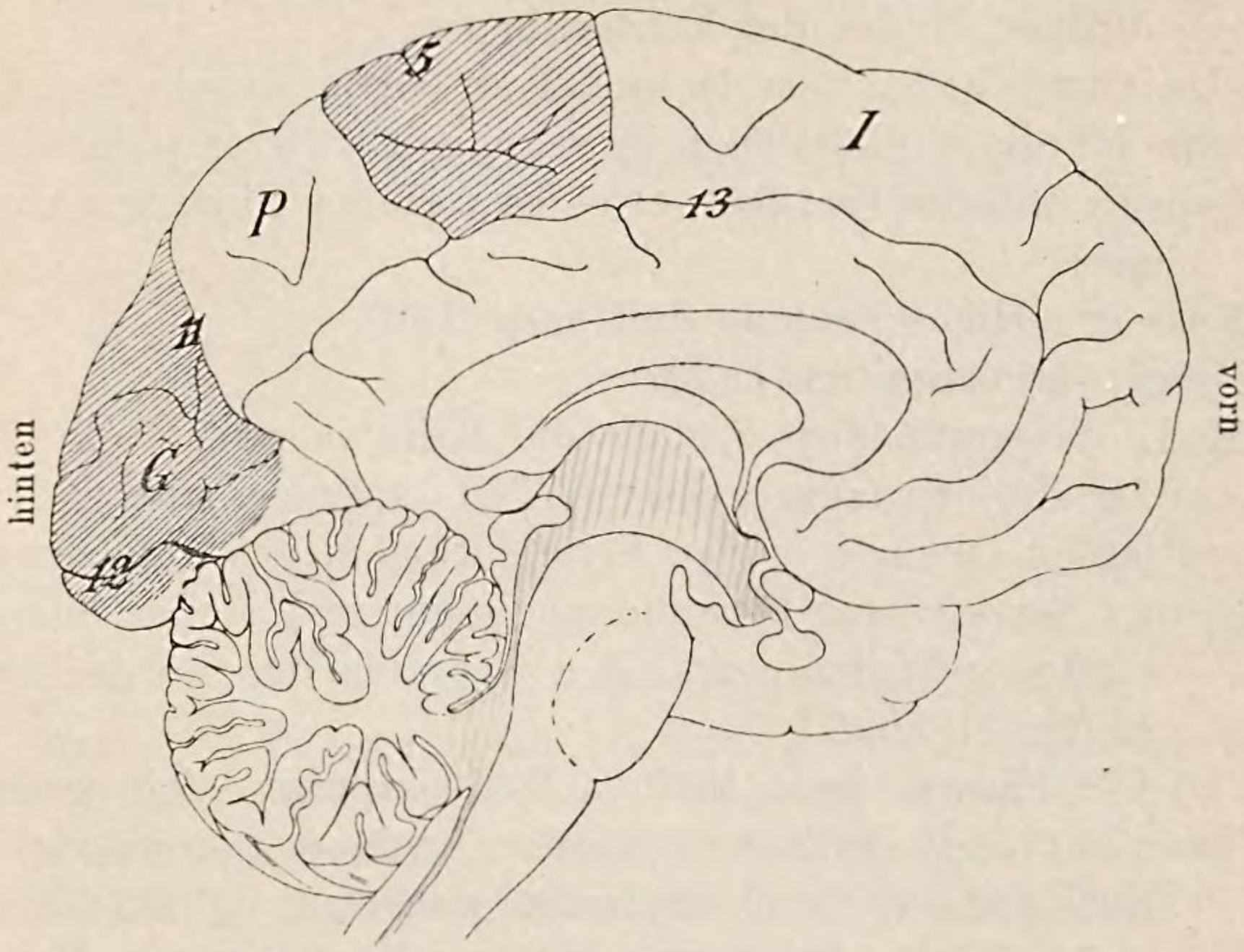
Die im Grosshirn gefundenen Centren sind folgende (Figg. 49, 50):

Fig. 49. Laterale Fläche der linken Hemisphäre.



*) Der Rechtshändigkeit entspricht also Linkshirnigkeit.

Fig. 50. Mediale Fläche der linken Hemisphäre.



5 Centralfurche. *1, 2, 3, 4* Fossa Sylvii.
7 Sulcus frontalis sup.
8 Sulcus frontalis inf.
VII Vordere Centralwindung.
VIII Hintere Centralwindung.
I. II, III obere, mittlere, untere Stirnwindung.
IV, V, VI oben, mittlere, untere Schläfenwindung.
P Praecunens.
9 Sulcus tempor. sup.
10 Sulcus tempor. inf.
11 Fissura paricto-occipitalis,
12 Fissura calcarina.
13 Sulcus calloso-marginalis.
B Beincentrum.
A Armcentrum.
F Facialiscentrum.
H Hypoglossuscentrum.
S Sprachcentrum.
R Gehörscentrum.
S Centrum für das Sehen.

I) Motorische Centren (auch psychomotorische Centren genannt).

Vordere und hintere Centralwindung und Lobus paracentralis.

1) Centrum für die Bewegung des Beines (*B*) in der Umgebung des oberen Endes der Centralfurche.
2) Centrum für die Bewegung des Armes (*A*) mittleres Drittel der Centralwindungen.
3) Centrum für den Facialis (*F*) unteres Drittel der Centralwindungen.*)

---

*) Nur die den M. orbicularis oculi versorgenden Facialisfasern (= oberer Facialis) entspringen im Gyrus angularis (Scheitellappen). Daher bezeichnet man

4) Centrum für den Hypoglossus (*H*) Umgebung des unteren Endes der Centralfurche.

Leitungsbahn für 1) und 2) = cortico-muskuläre Bahn = Bahn für die willkürlichen Bewegungen = Pyramidenbahnen:

Capsula interna (vordere zwei Drittel der hinteren Abtheilung)

Fuss des Hirnschenkels (mittlerer Teil).

Brücke (gleichseitige Hälfte)

Med. oblongata, dort zerfällt die Bahn in zwei Teile:

a) Die Fasern (zum grössten Teil) kreuzen sich und verlaufen abwärts in den Seitensträngen des Rückenmarks (= Seitenstrang-Pyramidenbahnen) und stehen mit den vorderen Wurzeln und den Ganglien der Vorderhörner in Verbindung.

b) Die Fasern (zum kleinen Teil) kreuzen sich sogleich nicht (erst später = vordere weisse Commissur des Rückenmarks) und verlaufen zunächst in den Vordersträngen des Rückenmarks derselben Seite (= Vorderstrang-Pyramidenbahnen).

II. Sprachcentrum.

Linke III. Stirnwindung (= Brocasche Windung). Der Mensch = linkshirniger Sprecher.

Leitungsbahn

Innere Kapsel (hinterer Teil).

Linker Pedunculus cerebri.

Linke Hälfte des Pons.

Med. oblongata (dort Kerne der bei der Sprache beteiligten Nerven: Trigeminus, Facialis, Hypoglossus, Vagus, Atmungsnerven).

Verlust des Sprachvermögens = Aphasie.

Die Sprache steht in enger Beziehung zum Gehör; wer nicht hören kann, ist der Fähigkeit beraubt, die Sprache zu erlernen (= Taubstummheit). Dieser Funktion der Vermittelung zwischen Sprache und Gehör dient die Insula Reilii.

III. Gesichtscentrum (= Centrum für das Sehen = psychooptisches Centrum) Hinterhauptslappen und zwar:

α) Cuneus + Gyr. occipit. I. = optisches Wahrnehmungsfeld,

---

auch das in den Centralwindungen gelegene Facialis-Centrum als unterer Facialis, Mundfacialis (= Fasern für Mund, Nase, Wangen).

β) Die übrige Rinde des Occipitallappens = optisches Erinnerungsfeld.

Leitungsbahn:

Weisse Markmasse des Hinterhauptslappen,
Thal. opticus,
Vierhügel,
Tract. opticus,
Chiasma,
N. opticus.

Im Chiasma Nn. optic. kreuzen sich die Fasern nur teilweise so, dass die Fasern der rechten Hälften beider Retinae zum rechten Occipitallappen, die Fasern der linken Hälften beider Retinae zum linken Occipitallappen verlaufen.

Wird die eine (rechte resp. linke) Hälfte der Retina gelähmt, so entsteht ein halbseitiger Gesichtsfelddefect = Hemianopsia (Hemiopie).

IV. Gehörscentrum = (psychoakustisches Centrum) Schläfenlappen (besonders obere und mittlere Windung).

V. Geruchscentrum.

Gyrus fornicatus; Gyr. Hippocampi; Substantia perforata antica, Bulbus olfactorius.

Leitungsbahn: N. olfactorius.

VI. Geschmackscentrum.

Gyrus uncinatus.

VII. Gefühlscentrum = (Centrum für die Sensibilität) Scheitellappen.

Leitungsbahn: Capsula int. (Mitte und innere Hälfte des hinteren Drittels).
Haube des Hirnschenkels.
Medulla oblongata (hier kreuzt sich der grösste Teil der Fasern; ein kleiner Teil der Fasern kreuzt sich erst weiter unten im Rückenmark).
Hinterstränge des Rückenmarks (ein Teil der Fasern verläuft in den gemischten Seitenstrangbahnen).

Die mit Sinnesnerven in Verbindung stehenden Centren (III—VII) fasst man als sensorielle Rindencentra zusammen.

Ueber die Function des Stirnlappens steht nichts fest; jedenfalls werden selbst bei sehr ausgedehnten Zerstörungen

des Stirnlappens keine Defecte der Sensibilität oder Mobilität gefunden. Ebensowenig ist Sicheres vom Corpus striatum und Nucleus lentiformis bekannt.

Der Thalamus opticus und die Vierhügel stehen in Beziehung zum centralen Sehapparat.

Psychische Thätigkeit.

Grosshirnrinde = Sitz der psychischen Thätigkeit. Das Seelenleben, Psyche, bethätigt sich hauptsächlich in 3 Grundrichtungen:

I. **Fühlen** = Gemüt = affektive Seite des Seelenlebens (Stimmung).

II. **Vorstellen,** vorstellende Sphäre, umfasst Verstand, Vernunft, Erinnerung, Phantasie. Man trennt den

α) Inhalt der Vorstellungen,

β) Formalen Ablauf der Vorstellungen:
Ablaufsgeschwindigkeit.
Association.
Reproduction (= Gedächtnis).

III. **Streben** = Triebe (Nahrungstrieb, Geschlechtstrieb) + Willensthätigkeit = psychomot. Sphäre.

Bewusstsein = Inhalt der in der Zeiteinheit vorhandenen Vorstellungen.

Selbstbewusstsein = der Vorstellende ist sich seiner vorstellenden Thätigkeit selber bewusst.

Die meisten Bewegungen im wachen Zustande werden ohne Mitwirkung des Bewusstseins vom Mittelhirn aus geleitet. Während des Schlafes ruht das Bewusstsein vollständig.

Bei psychischen Prozessen beobachtet man:

I) Zuleitung eines Reizes im centripetalen Nerven.

II) Perception = Eintritt in das Bewusstsein. (Begünstigt wird dies durch einen Erregungsvorgang im psychischen Organ, den man Aufmerksamkeit nennt).

III) Apperception = Eine den thatsächlich gegebenen Erscheinungen entsprechende innere Anschauung kommt in der Psyche zu Stande; in der Hirnrinde wird die entsprechende Erinnerungsvorstellung hervorgerufen, indem die Psyche bereits durch frühere Prozesse mehr oder weniger ausgebildet ist.

IV) Willensimpuls = Uebertragung des Reizes auf eines der motorischen Centren.

V) Fortleitung des Reizes in einem centrifugalen Nerven.

VI) Muskelaktion = bewusste Reaktion auf den angewandten Reiz.

Zwischen Einwirkung des Reizes und der Reaktion liegt eine bestimmte Zeit = Reaktionszeit, beträgt im Mittel 0,1 Sek.

Man bestimmt den Moment der Reizung und lässt die Versuchsperson ein Zeichen von der erfolgten richtigen Auffassung geben.

Zwangsbewegungen.

Nach Verletzung oder Exstirpation gewisser Hirnteile (Corpp. quadrigemina, Pons, Pedunculi cerebri, Thalam. optic., Corp. striat., Pedunculi cerebelli, Med. oblongat.) treten teils eigentümliche coordinierte Bewegungen der Rumpf- und Extremitätenmuskulatur, anscheinend zwangsmässig ohne äussere Veranlassung ein und setzen sich meist bis zur Erschöpfung des Tieres fort, teils führen die willkürlich unternommenen Locomotionsversuche der Tiere zu abnormen eigentümlichen Bewegungsformen.

Diese sogenannten Zwangsbewegungen also = unzweckmässige gegen den Willen des Tieres ausgeführte Bewegungen.

Hierher gehören:

a) Axendrehung (= Rollbewegung) = Drehung um die Längsaxe des Körpers, nach Durchschneidung der einen Hälfte des Pons.

b) Reitbahnbewegung (mouvement de manège): Das Tier in der Absicht, fortzulaufen, irrt im Kreise umher (wie im Circus); Verletzung des vorderen Teiles eines Grosshirnschenkels.

c) Halbmesserbewegung (=Zeigerbewegung): Der Vorderkörper wird um das an derselben Stelle verbleibende Hinterteil, wie ein Zeiger um seinen fixen Punkt, gedreht. Verletzung des hinteren Teils des Grosshirnschenkels dicht am Pons.

Drehkrankheit der Schafe, verursacht durch die Finne der Taenia coenurus, welche häufig ins Gehirn der Schafe gelangt und sich dort ansiedelt.

d) Der Trieb, vorwärts oder rückwärts zu laufen; nach Verletzung des Corp. striat. läuft das Tier vorwärts, nach Verletzung des Kleinhirns rückwärts.

Bei Erkrankungen des menschlichen Kleinhirns beobachtet man mitunter eigentümliche Bewegungsstörungen (sogenannte cerebellare Ataxie, siehe „Gefühlssinn").

e) Bei Zerstörung der halbcirkelförmigen Kanäle des inneren Ohres treten den Zwangsbewegungen ähnliche Bewegungen auf. Doch ist es kaum möglich, die Kanäle allein zu zerstören, ohne nicht zugleich Hirnteile zu verletzen und wirkliche Zwangsbewegungen herbeizuführen.

Als Ursache der Zwangsbewegungen nimmt man Reizungs- resp. Lähmungserscheinungen der verletzten Hirnteile an.

Circulation.

Die Zufuhr arteriellen Blutes zum Gehirn ist in besonderer Weise durch die Existenz des Circulus arteriosus Willisii reguliert, so dass Druckschwankungen besser wie an anderen Stellen des Körpers ausgeglichen werden. Unterbindet man beide Carotiden und beide Artt. vertebrales, d. h. schneidet man dem Gehirn jede Blutzufuhr ab, so treten sofort heftige den epileptischen ähnliche Krämpfe auf.

Epilepsie = plötzlich auftretende Anfälle von Bewusstlosigkeit + Krämpfe der gesamten Körpermuskulatur.

Der innerhalb der Schädelhöhle herrschende Druck = Gehirndruck (Cerebrospinaldruck).

An der geöffneten Schädelkapsel und an den Fontanellen des Kindes sieht man pulsatorische und respiratorische Schwankungen des Gehirns.

Kleinhirn

steht durch Fasersysteme mit allen grösseren Ganglien in Verbindung. Krankheiten und Zerstörungen des Kleinhirns schädigen die geistigen Fähigkeiten und die Sinneswahrnehmungen in keiner Weise. Ob das Kleinhirn einen Einfluss auf die Coordination der Bewegungen ausübt, steht noch nicht fest.

Medulla oblongata.

Die Medulla oblongata (= verlängertes Mark, auch als Bulbus medullae spinalis bezeichnet*)) ist der Sitz wichtiger

*) Daher der Ausdruck Bulbärparalyse = Paralyse (Lähmung) der Med. oblongata.

Centren, welche sowohl automatisch wie reflectorisch thätig sein können.

A) Atemcentrum (= Noeud vital) liegt paarig, auf beiden Seiten von der Mittellinie am Boden des hinteren Theiles der Rautengrube.

Das Atemcentrum wird:

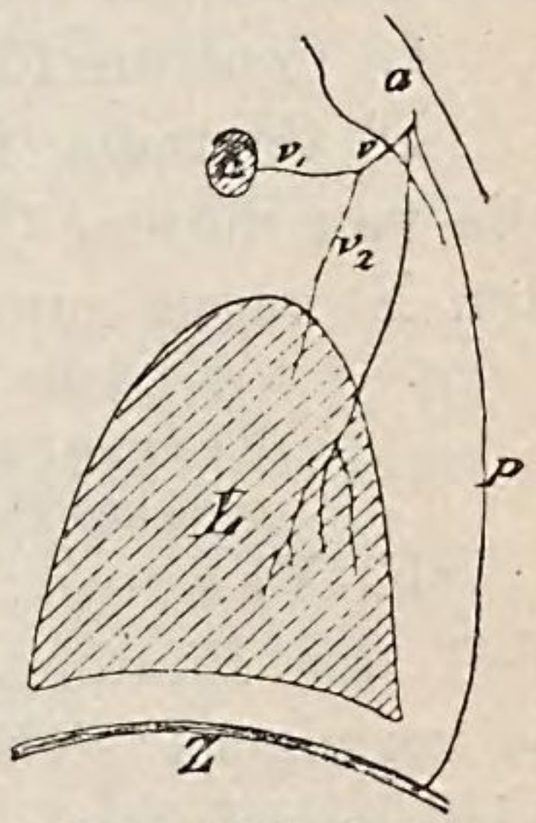
α) direkt erregt durch die Blutmischung (Gehalt des Blutes an CO_2): Je mehr CO_2 im Blut vorhanden, d. h. je venöser das Blut, desto stärker wird das Centrum gereizt.*)

Auch nach Durchschneidung aller reflectorisch wirkenden Nerven ist das Atemcentrum weiter thätig.

β) reflectorisch erregt (Fig. 51) durch

1) centripetallaufende Fasern gehen (im Vagus) vom Lungenparenchym zur Med. oblongata, wirken anregend auf die Atemthätigkeit. Daher tritt nach Durchschneidung des Vagus Verlangsamung der Atmung ein. Reizt man das centrale Ende, so wird die Atmung wieder beschleunigt, und bei starker Reizung erfolgt Tetanus des Zwerchfells (= Stillstand des Zwerchfells im Zustand der Zusammenziehung, d. h. in Inspirationsstellung.)

Fig. 51.



Z. Zwerchfell, L. Lunge P. Phrenicus, K. Kehlkopf a. Atemcentrum, v. Vagusstamm, v_1 hemmende Vagusfasern, v_2 beschleunigende Vagusfasern. Die nicht bezeichneten Fasern v. d. Lunge zum Atemcentrum = sensible Nerven.

Durch diese Lungenäste des Vagus wird eine Art Selbststeuerung der Atmung bewirkt; Gesetz von Hering-Breuer:

Durch die inspiratorische Erweiterung der Lunge wird reflectorsich die Exspiration, durch die exspiratorische Verkleinerung der Lunge reflectorisch die Inspiration angeregt.

---

*) So werden auch die ersten Atembewegungen des Foetus hervorgerufen; von der Mutter getrennt erhält er von ihr keinen Sauerstoff mehr, sein Blut wird CO_2-reich, venös. Zugleich unterstützt die Reizung der äusseren Haut das Eintreten der ersten Atembewegung.

2) Centripetallaufende Fasern (im N. laryng. sup. und inf.) gehen vom Kehlkopf zur Med. oblongata, wirken hemmend auf die Atemthätigkeit. Sehr stark gereizt bewirken sie einen Stillstand der Atmung, d. h. des Zwerchfells im Zustande der Erschlaffung (d. h. in Exspirationsstellung.)

Wenn man also den Vagus durchschneidet und das centrale Ende reizt, hängt die zu erhaltende Wirkung von der Stelle des Reizes ab, d. h. ob man Fasern der Gattung 1) oder 2) trifft.

Wenn durch besondere Umstände die Atembewegungen sistieren, so kann man durch rhythmische Erweiterung und Verengerung (Compression) des Brustkorbes versuchen, die Atmung wieder in Gang zu bringen = künstliche Atmung.

B) Centrum für die Kaubewegungen und den Schlingact am Boden des IV. Ventrikels.

C) Centrum für die Brechbewegungen (= Brechcentrum).

D) Centrum für die Hemmung der Herzthätigkeit. Die von diesem Centrum ausgehenden Fasern verlaufen durch den N. vagus zum Herzen.

Ob die dem Sympathicus entstammenden beschleunigenden Herznerven auch auf ein in der Med. oblongat. gelegenes Centrum zurückgeführt werden können, ist zweifelhaft.

E) Vasomotorisches Centrum ist paarig, im oberen Teil der Rautengewebe gelegen; wird dies Centrum gereizt, so verengern sich die Arterien des Körpers, der Blutdruck wird gesteigert.

Dieses Centrum wird:

α) Direkt erregt durch den Gasgehalt (CO_2-Gehalt) des Blutes.

β) Reflectorisch erregt durch Nerven

1) Pressorische Nerven = solche Nerven, welche das Centrum erregen, stärkere Contraction der Arterien hervorbringen und höheren Blutdruck*) erzeugen.

Solche Fasern liegen im N. laryng. sup. und inf.

2) Depressorische Nerven = Hemmungsnerven, setzen die Erregbarkeit des Centrums herab.

---

*) Wird der Blutdruck erhöht, so entsteht durch den mechanischen Reiz auf die Herzwand eine gesteigerte Herzaction.

Z. B. N. depressor N. vagi gereizt: die Erregung des vasomot. Centrums herabgesetzt, Blutdruck erniedrigt, zugleich wird das nahe dem vasomot. Centrum gelegene Herzhemmungscentrum mitgereizt, der Herzschlag nimmt ab.

Ob ein besonderes Centrum der Vasodilatatoren in der Med. oblongat. liegt, ist nicht sicher festgestellt.

Auch das Grosshirn übt einen Einfluss auf die Gefässe aus:

bei Schreck, Angst: Erblassen der Haut,

bei Scham: Erröten der Haut.

Blasse Haut = verminderter Blutgehalt der Haut.
Rote Haut = vermehrter „ „ „
Blutgehalt der Haut wichtig für Wärmeregulation.

F) Centrum für den M. dilatator pupillae. Die Fasern verlaufen von diesem Centrum durch die Seitenstränge des Rückenmarks (im Halsmark ein untergeordnetes zweites Centrum = Centrum ciliospinale), treten dort durch Rr. communicantes in den Sympathicus über und gelangen in diesem zum Ganglion ciliare.

G) Krampfcentrum liegt in der Med. oblongat. dicht am Pons. Reizung dieses Centrums (plötzliche Ueberladung des Blutes mit CO_2 z. B. Erdrosseln; plötzliche Anämie der Med. oblongat. beim Verbluten; plötzliche Zermalmung der Med. oblongat.) ruft allgemeine Krämpfe hervor.

H) Schweisscentrum reguliert die Schweissabsonderung der ganzen Körperoberfläche.

Rückenmark.

Das Rückenmark besteht wie das Gehirn aus grauer und weisser Substanz; die graue Substanz liegt central, rings von weisser Substanz umhüllt. Auf dem Querschnitt zeigt die graue Substanz die sogenannten Vorder- (11) und Hinterhörner (12), welche mit entsprechenden (vorderen resp. hinteren 3,8) Nervenwurzeln in direktem Zusammenhang stehen.

Die weisse Substanz zerfällt in

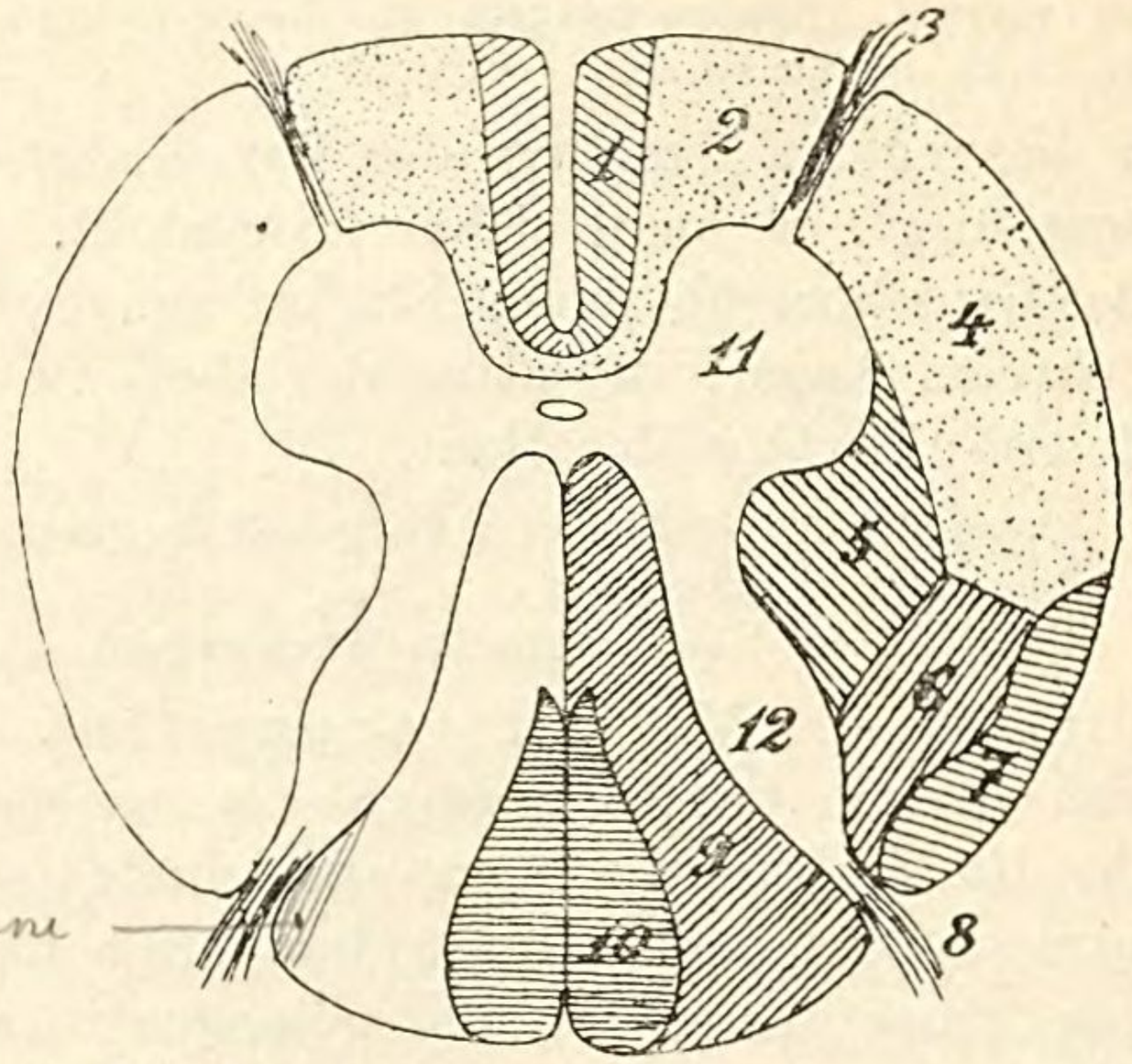
a) Vorderstränge,

b) Seitenstränge,

c) Hinterstränge.

Leitungsbahnen des Rückenmarks: (Fig. 52.)

Fig. 52.



a) In den **Vordersträngen***) liegen
die Vorderstrang-Pyramidenbahnen (1) = Bahn der willkürlichen Bewegung.

Die Fasern treten durch die Ganglien des Vorderhorns in die betreffende vordere Wurzel.

Die Vorderstranggrundbündel (2) = Verbindung zwischen reflectorischen Centren des Rückenmarks und Med. oblongata.

b) In den **Seitensträngen***)
die gemischten Seitenstrangbahnen (4, 5) = Verbindung zwischen reflectorischen Centren des Rückenmarks und Med. oblong.
die Seitenstrangpyramidenbahnen (6) = Bahn der willkürlichen Bewegung.
die Kleinhirnseitenstrangbahnen (7) = Verbindung zwischen den hinteren Wurzeln des Rumpfes und dem Kleinhirn.

In den Seitensträngen verlaufen auch die Vasomotoren und die Atemnerven.

---

*) Die Vorderstränge sind motorisch.
„ Hinterstränge „ sensibel.
„ Seitenstränge „ gemischt.

c) In den **Hintersträngen**

F. cuneati
die Burdach'schen Stränge (9)
die Goll'schen Stränge (10)
Funiculi graciles

sensible Leitungen zwischen Peripherie und Gehirn, stehen mit den Ganglien der grauen Hinterhörner in Verbindung.

Im Rückenmark liegen folgende, gewöhnlich reflectorisch thätige Centren für die

I) Defaecation,
II) Erection,
III) Ejaculation,
IV) Gefässnerven.

Wird das Rückenmark halbseitig durchschnitten, so zeigt sich auf der betreffenden Seite unterhalb des Schnittes Hyperästhesie (= erhöhte Empfindlichkeit) und (Hyperkinesis (= erhöhte Neigung zu Zuckungen der Muskeln)) gleichen Seite

Ob das Rückenmark selbst auf direkte Reize (elektrische, chemische etc.) reagiert, ist noch zweifelhaft.

Reizt man die blossgelegte weisse oder graue Substanz des Rückenmarkes auf irgend eine Weise, so erfolgt weder Bewegung noch Gefühlsäusserung. Das Rückenmark leitet also nur Empfindungen resp. Bewegungsimpulse, ist aber selbst nicht durch direkt applicierte Reize erregbar. (Das Rückenmark ist also nur ästhesodisch resp. kinesodisch.)

Tonus (= für alle lebenden Teile, nicht bloss für Muskeln gültiger Begriff) betrifft wesentlich die Ernährungsverhältnisse (= nutritiver Vorgang) und zeigt die innere nutritive Spannung der Teile, ihre Fülle und Sättigung an.

Tonus nicht = Contraction, auch nicht = Elasticität.

Da man früher irrtümlich annahm, es bestehe eine fortwährende vom Rückenmarke reflectorisch angeregte schwache Muskelcontraction, so bezeichnete man diese als Muskeltonus.

---

unteres Ende des R. M. Höhe des II. Lendenwirbels

XV. Peripherische Nerven.

Jeder Nerv = Leitungsbahn, verbindet zwei Punkte, Centralorgan und peripherisches Endorgan miteinander.

Es giebt

A) **Centripetalleitende Nerven** = sensible Nerven = Empfindungsnerven.

Reizung eines solchen Nerven erzeugt einen Vorgang im Centralorgan, eine Empfindung. Der sensible Nerv unterrichtet uns über Zustände des eigenen Körpers.

Diejenigen sensiblen Nerven, welche mit besonderen Endapparaten (sogenannten Sinnesorganen: Auge, Ohr etc.) verbunden sind, werden auch sensorielle (sensuelle) Nerven, Sinnesnerven genannt; sie unterrichten uns über Zustände der uns umgebenden Welt.

B) **Centrifugalleitende Nerven** = motorische Nerven = Bewegungsnerven.

Reizung eines solchen Nerven erzeugt einen Vorgang im Endorgan, eine Bewegung.

Muskelnerven = motorische Nerven im engeren Sinne, verlaufen zu den Muskeln; auf Reizung des Nerven tritt eine Contraction des von ihm versorgten Muskels ein.

Gefässnerven = verlaufen zur glatten Muskulatur der Gefässwand.

Secretionsnerven = gehen zu den Drüsen; werden sie gereizt, so beobachtet man eine Steigerung der Secretion.

Hemmungsnerven = rufen Verlangsamung oder Stillstand einer vorhandenen Bewegung hervor.

Ein Nerv, der Fasern beider Qualitäten (A und B) enthält = gemischter Nerv.

[Trophische Nerven sollen einen Einfluss auf die Ernährung von Geweben resp. Organen ausüben.]

Bestimmte anatomische Einrichtungen der Nerven selbst, auf welche diese verschiedenen Eigenschaften zurückgeführt werden, sind nicht nachgewiesen.

Jeder Nerv ist fähig, nach beiden Richtungen hin zu leiten (= doppelsinniges Leitungsvermögen, siehe „Allg. Nervenphysiologie"), leitet aber für gewöhnlich nur in einer Richtung.

Verbindungen der peripherischen Nerven untereinander = Anastomosen, Conjugationes.

Finden sich innerhalb eines Bezirkes sehr zahlreiche Verbindungen benachbarter Nerven = Plexus, Nervengeflecht.

Plexus + Einlagerung von Ganglien = Ganglienplexus.

Specifische Energie = Art und Weise, wie die Reizung eines Nerven im Centralorgan empfunden wird.

Reizung des N. opticus erzeugt stets Lichtempfindung,
„ „ N. acusticus „ „ Gehörsempfindung
„ eines sensiblen Nerven erzeugt stets Schmerzempfindung etc.

Wird ein Nerv durchschnitten, so ist die in ihm gelegene Leitungsbahn zerstört, was sich in Empfindungslosigkeit resp. Bewegungslosigkeit des Bezirkes zu erkennen giebt, in dem die Endausbreitung des Nerven gelegen ist. Bestimmte vorher vorhandene Erscheinungen fehlen = Ausfallserscheinungen.

Man teilt die peripherischen Nerven ein in

A) Gehirnnerven
B) Rückenmarknerven } cerebrospinale Nerven.
C) Sympathisches Nervensystem.

A) Gehirnnerven.

I. **N. olfactoricus,** siehe Geruchssinn.
II. **N. opticus,** siehe Gesichtssinn.
III. **N. oculomotorius**

entspringt am Boden des Aquaeductus Sylvii (Oculomotorius-Kern), teilt sich in der Augenhöhle in 2 Aeste:

a) R. superior, versorgt M. rectus sup. und M. levator palpebr. sup.*)
b) R. inferior, versorgt M. rect. int., M. rect. inf., M. obliq. inf. und entsendet ausserdem einen Zweig zum Ganglion ciliare.

---

*) Bei Lähmung des N. oculomot. sinkt das obere Augenlied herab = Ptosis ($\pi\acute{\iota}\pi\tau\omega$ = fallen).

Ganglion ciliare (= Ganglion des N. oculomot.) liegt im hinteren Teil der Augenhöhle zwischen N. opticus und M. rect. ext. und hat 3 Wurzeln.*)

I. Radix brevis = mot. Wurzel = Zweig des N. oculomotorius.

II. Radix longa = sensible Wurzel = Ast. des N. nasociliaris (Trigeminus).

III. Radix media (= sympathica) = Aeste vom N. sympathicus.
Aus dem Ganglion ciliare gehen hervor: Nn. ciliares, versorgen:

a) M. sphincter pupillae und M. ciliaris (Fasern des N. oculomotorius).

b) M. dilatator pupillae (= Fasern des N. sympathicus).

c) Cornea, Conjunctiva, Iris, Sklera, Choroides (= sensible Fasern des Trigeminus).

Der N. oculomotorius versorgt die Augenmuskeln mit Ausnahme des M. rect. ext (= M. abducens) und des M. obliquus sup. (= M. trochlearis), die Accommodation und den M. sphincter pupillae.

IV. **N. trochlearis**

(= dünnster Hirnnerv) entspringt im Boden des IV. Ventrikels (aus 2 Kernen), innerviert den M. trochlearis (= M. obliquus sup.).

V. **N. trigeminus**

entspringt mit 2 Wurzeln (wie ein Rückenmarksnerv)

a) kleinere, vordere mot. Wurzel, Portio minor.
Ursprung: Boden der Rautengrube, nahe der Mittellinie.

b) grössere hintere sensible Wurzel, Portio maior.
Ursprung: Corpp. restiformia.

Er ist:

1) motorischer Nerv für die Kaumuskeln (siehe Verdauung),
2) sensibler Nerv für Gesicht, Auge, Mundhöhle, Nasenhöhle, äusseres Ohr, Dura mater,
3) Geschmacksnerv (siehe Geschmackssinn),
4) secretorischer Nerv (für die Thränendrüse),
5) vasomotorischer Nerv.

---

*) Man unterscheidet an jedem Ganglion

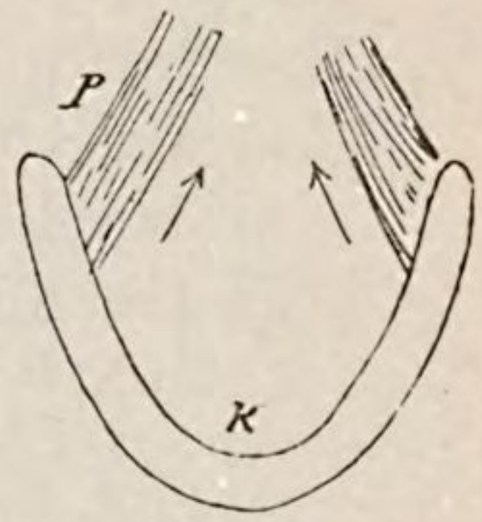
a) die Wurzeln des Ganglion = die in das Ganglion eintretenden Nerven,

b) die Aeste des Ganglion = peripherische Zweige = die aus dem Ganglion austretenden Nerven.

[diese Fasern entstammen dem Sympathicus und gehen im Plex. cavernosus auf dem N. trigeminus über.]

Durchschneidet man den Trigeminus einer Seite, so ist die von ihm versorgte Partie anästhetisch, gefühllos. Der Reflex des Lidschlusses fehlt, die Cornea wird nicht mehr vor Staub geschützt, sie erkrankt und wird mit Geschwüren bedeckt. Die Zunge auf einer Seite empfindungslos, wird von den Zähnen zerbissen. Die Kaumuskeln der gelähmten Seite functionieren nicht mehr; daher wird der Unterkiefer durch die Mm. pterygoidei (besonders den M. pteryg. int.) der nicht gelähmten Seite nach der gelähmten Seite hinübergezogen (siehe Fig. 53).

Fig. 53.



K Kiefer.
P Pterygoideus int.

Die durch die Lähmung des Trigeniums bewirkten entzündlichen und geschwürigen Erscheinungen fasste man früher als neuroparalytische Entzündung zusammen.

VI. **N. abduceus**

(Ursprung: Boden des IV. Ventrikels) versorgt den M. rectus ext. (M. abducens), anastomosiert im Sinus cavernosus mit dem N. sympathicus.

Da M. rect. ext. der einen Seite und M. rect. int. der anderen stets zusammen wirken, so müssen zwischen dem Ursprung des N. abducens der einen Seite und des N. oculomot. der anderen Seite Verbindungsfasern bestehen.

VII. **N. facialis**

(Ursprung: Boden des vierten Ventrikels) ist motorischer Nerv für das Gesicht, für die Mm. stapedius, stylohyoideus, biventer (hinterer Bauch), buccinator, platysma, und Geschmacksnerv durch die Chorda tympani.*)

Wird der N. facialis einer Seite durchschnitten, so sind die Muskeln dieser Seite gelähmt, durch die Wirkung der anderen nicht gelähmten Seite wird das Gesicht nach der gesunden Seite verzogen.

VIII. **N. acusticus** siehe Gehörssinn.

IX. **N. glossopharyngeus**

(Ursprung: Boden des IV. Ventrikels) ist

α) Geschmacksnerv (siehe Geschmackssinn).

β) sensibler Nerv für den hinteren Teil der Zunge, Epiglottis, Tonsillen, Gaumenbogen, Pharynx,

γ) motorischer Nerv für die Mm. stylopharyngeus, constrictores pharyngis.

---

*) Diese Geschmacksfasern entstammen dem N. glossopharyngeus, treten zum N. facialis und von diesem zum N. lingualis.

X. **N. vagus**
(Ursprung: Boden des IV. Ventrikels.)
Er versorgt:

a) den äusseren Gehörgang (R. auricularis vagi),
b) den Rachen (Rr. pharyngei),
c) den Kehlkopf durch die Nn. laryngei:
   1) N. laryng. sup. vermittelt die Sensibilität der Kehlkopfschleimhaut und innerviert den M. cricothyreoid.
   2) N. laryng. inf. tritt zu den übrigen Kehlkopfmuskeln.
d) Herz (siehe Herz und Centralnervensystem).
e) Lungen (siehe Atemcentrum, Seite 215).

Wird der N. vagus durchschnitten, so wird die Herzthätigkeit beschleunigt, die Atemfrequenz sinkt; zugleich werden auch die sensiblen Fäden für Rachen und Kehlkopf gelähmt, der Rachenkehlkopfverschluss und der Hustenreflex funktionieren nicht mehr, Speisen und Getränke geraten in die Luftröhre und in die Lungen (dort entsteht eine Entzündung = Vaguspneumonie*), schliesslich tritt der Tod ein = sogenannter Vagustod.

f) Oesophagus, Magen, Milz, Pankreas, Dünndarm, Leber, Niere, Nebenniere.

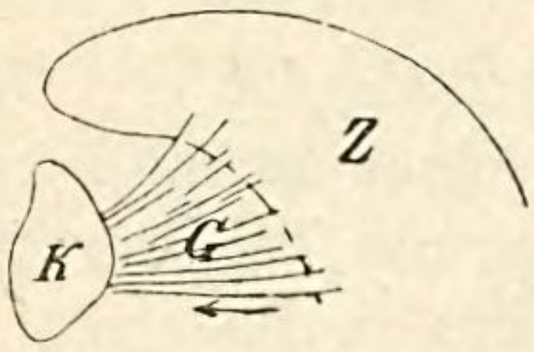
XI. **N. accessorius** (= N. recurrens Willisii)
(Ursprung: Vorderhorn des Halsmarks) versorgt den M. sternocleidomastoideus und M. cucullaris.

XII. **N. hypoglossus**
(Ursprung: Boden des vierten Ventrikels) = Bewegungsnerv aller Zungenmuskeln (auch der Muskeln des Zungenbeins).

Wird der Hypoglossus einer Seite gelähmt, so wird die im Munde liegende Zunge durch den M. longitudinalis der gesunden Seite nach dieser hinübergezogen.

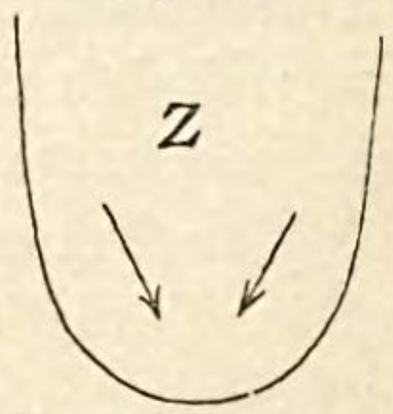
Das Herausstrecken der Zunge wird durch den M. genioglossus besorgt, dessen Zugrichtung schief von hinten aussen nach vorn

Fig. 54.



Z Zunge.
K Unterkiefer.
G M. genioglossus.

Fig. 55.



Z Zunge.
Die Pfeile deuten die Zugrichtung der Mm. genioglossi an.

*) Pneumonia = Lungenentzündung.

innen gerichtet ist. Beide Genioglossi zusammen bewegen die Zunge grade nach vorn. (Fig. 55.)

Wird nun bei Lähmung eines Hypoglossus die Zunge herausgestreckt, so wirkt nur der Genioglossus der gesunden Seite und schiebt die Zunge nach der kranken Seite hinüber.

B) **Rückenmarksnerven** (= Spinalnerven).

Die Spinalnerven entspringen mit 2 Wurzeln (vordere ventrale, hintere dorsale) aus den beiden Sulci laterales (ant. post.) des Rückenmarks. Beide Wurzeln convergieren alsbald und legen sich an einander (ohne jedoch zunächst Fasern auszutauschen). Im For. intervertebrale bildet die hintere Wurzel ein Ganglion spinale (Spinalganglion, Ggl. intervertebrale). Jenseits des Ganglion mischen sich die Fasern beider Wurzeln und aus dem Fasergemisch entspringen 2 Aeste, ein vorderer stärkerer und ein hinterer dünnerer, die nun nach vorn resp. nach hinten verlaufen. Jeder dieser Aeste enthält Fasern sowohl aus der vorderen wie auch aus der hinteren Wurzel.

Gesetz von Charles Bell.

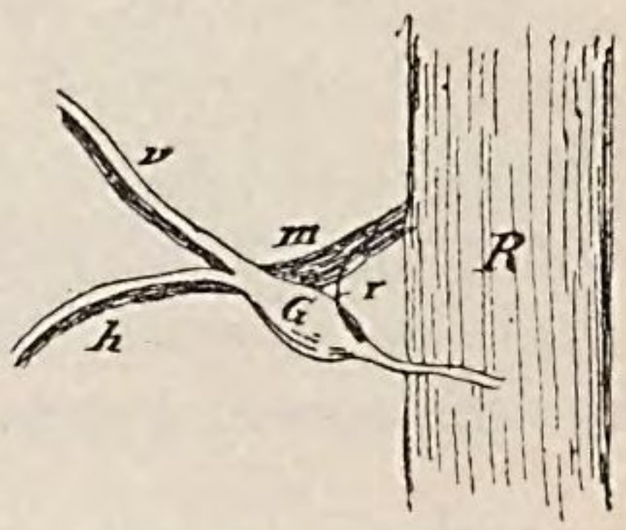
Die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven sind rein motorisch, die hinteren Wurzeln rein sensibel.

Eine geringe Abweichung erfährt dieses Gesetz dadurch, dass von der sensiblen Wurzel nach der Vereinigung beider in die vordere Fasern (Fig. 56, *r*) centralwärts verlaufen = rückläufige Sensibilität, Sensibilité récurrente.

Durchschneidet man die motorische und die sensible Wurzel und reizt den centralen Stumpf der motorischen oder den peripherischen der sensiblen, so tritt kein Erfolg der Reizung ein. Reizt man dagegen den peripherischen Stumpf der motorischen Wurzel, so erfolgt Bewegung, den centralen der sensiblen, Gefühlsäusserung.

Die Spinalnerven treten zur quergestreiften Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten und liefern die Gefühlsnerven der Haut.

Fig. 56.



R Rückenmark.
m mot. Wurzel.
G Ganglion intervertebrale
v vorderer Ast.
h hinterer Ast.
r rückläufiger sensibler Ast.

C) **Sympathisches Nervensystem**

besteht aus

I) Grenzstrang (Knotenstrang) = Kette von Ganglien, zu einem longitudinalen Strange vereinigt, jederseits längs der Wirbelsäule.

II) Rami communicantes = Verbindungen zwischen Grenzstrang und Cerebrospinalnerven (Glossopharyngeus, Vagus, Hypoglossus, Plex cervicalis, Plex. bracchialis, Nn. dorsales, Plex lumbalis, Plex. sacralis).

III) Peripherische Zweige entspringen aus dem Grenzstrang, gehen meist zusammen mit Arterien zu den betreffenden Teilen, anastomosieren vielfach mit cerebrospinalen Nerven (Plexus*)), bilden selbst vielfach Plexus, enthalten mitunter selbst Ganglien (= peripherische Ganglien des Sympathicus).

Im Sympathicus verlaufen:

1) sensible Fasern, 2) secretorische Fasern, 3) Gefässnerven, 4) motorische Fasern (Muskulatur des Herzens und der Eingeweide), 5) Hemmungsfasern.

Der Grenzstrang zerfällt in Halsteil, Brustteil, Bauchteil, Beckenteil.

Halsteil.

Enthält 3 Ganglien (Gangl. cervicale suprem., medium. inf.)

Vom Ganglion cervicale supremum verläuft nach oben, d. h. zum Kopfe der N. caroticus int. = Fortsetzung des Grenzstranges in das Kopfgebiet (= Kopfteil des Sympaticus). Der N. carotic. int. begleitet die Art. carot. int. und bildet um sie den Plex. carotic. int. (im weiteren Verlauf auch Plex. cavernosus genannt).

Brustteil enthält 11—12 Ganglien (Ganglia dorsalia).

Bauchteil liegt auf der vorderen Fläche des Lendenwirbelkörper, hat 4—5 Ganglien (Ganglia lumbalia).

Beckenteil, liegt auf der vorderen Fläche des Kreuzbeins, medianwärts vor den Foramina sacralia anlt. mit 4 Gangll. sacralia. Auf dem Kreuzbein convergiren die Grenzstränge beider Seiten und vereinigen sich schliesslich auf der vorderen Fläche des ersten Steissbeinwirbels im unpaaren Ganglion coccygeum.

Peripherische Zweige des Sympathicus.

Kopf und Halsteil

entsendet Aeste zum Oculomotorius, Abducens, Facialis, Glossopharyngeus, **) zahlreiche Zweige zu den Gefässen des Kopfes

---

*) Z. B. Plex. pharyngeus = N. sympathicus + N. glossopharyngeus + N vagus. Plex. cardiacus = N. sympathicus + N. vagus.

**) N. petrosus prof. maior = Verbindung zwischen N. carotic. int. und Ggl. sphenopalatinum.

N. petrosus prof. minor = Verbindung zwischen N. carotic. int. und Plex. tympanicus.

und Halses und versorgt den M. dilatator pupillae (siehe N. oculomotorius).

Durchschneidung des Halsteiles des N. sympathicus erzeugt auf der betreffenden Seite:

1) Pupillarverengerung.

2) Erweiterung der Blutgefässe des Kopfes und eine erhöhte Temperatur.

Nach unten entspringen aus den Ganglia cervicalia die 3 Nn. cardiaci (sup. med. inf.), denen sich gewöhnlich noch ein vierter (N. cardiacus imus) aus dem obersten Dorsalganglion zugesellt.

Die Nn. cardiaci bilden (zusammen mit Aesten des N. vagus) den Plex. cardiacus (siehe „Herz“).*)

Brustteil

entsendet zahlreiche Zweige längs der Gefässe, bildet grössere Geflechte um die Aorta (= Plexus aorticus thoracicus) und giebt die Nn. splanchnici ab:

a) N. splanchnicus maior (= grosser Eingeweidenerv) entspringt aus dem Brustteil in der Höhe des V.—IX. Dorsalganglion, verläuft durch das Zwerchfell zum Plex. coeliacus, führt diesem vasomotorische, motorische, hemmende Fasern für den Darmtractus zu.

b) N. splanchnicus minor entwickelt sich aus den beiden letzten Dorsalganglien, geht durch das Zwerchfell zum Ganglion renali-aorticum.

Bauchteil

bildet mit seinen Aesten den Plexus coeliacus (= Plex. solaris, Cerebrum abdominale), liegt auf dem Anfangsteil der Aorta abdominalis, umgiebt die Ursprünge der Art. coeliaca und mesenterica sup. Aus dem Plex. coeliacus entspringen vielfach Plexus bildende Aeste für sämtliche Unterleibsorgane.

In der Darmwand selbst liegen 2 Plexus:

1) Auerbach'scher Plexus, Plex. myentericus zwischen Ring- und Längsmuskulatur.

2) Meissner'scher Plexus, Plex. submucosus, in der Submucosa.

Beckenteil

versorgt die Beckenorgane.

Die die Gefässe versorgenden Fasern des N. sympathicus entstammen der Med. oblongat., verlaufen im Rückenmark abwärts (Seitenstränge), treten durch die Ganglien der grauen Substanz hindurch in die vorderen Wurzeln, durch die Spinalnerven oder durch die Rr. communicantes und Sympathicus zu den Gefässen.

---

*) Reizung des Vagus bewirkt Verlangsamung der Herzthätigkeit event. sogar Stillstand im Zustande der Erschlaffung (Diastole).

Reizung des Sympathicus beschleunigt die Herzthätigkeit.

Reflexe (Reflexbewegungen)

= unwillkürliche (d. h. ohne den Willen geschehende) Uebertragung des auf einen sensiblen Nerven applicierten Reizes auf einen motorischen durch Vermittlung des Centralorgans.

Z. B. auf Berührung der Cornea erfolgt Lidschluss = Cornealreflex (siehe No. I).

Man unterscheidet bei jedem Reflex:

a) Sensible Bahn = centripetale Bahn.*)

b) Centralorgan = Reiz-übertragendes Centrum = sogenanntes Reflexcentrum, ist ohne den Willen thätig.

Es giebt:

1) automatische Centren sind selbstständig thätig.

2) Reflex-Centren sind erst auf Anregung thätig. Solche Reflexcentren sind:

I) Corpp. quadrigemina.

II) Med. oblongata.

III) Med. spinalis.

c) Motorische Bahn = centrifugale Bahn.

d) Die in Bewegung versetzten Muskeln.

a + b + c = Reflexbogen.

Zu den Reflexen gehören:

I) Schluss der Augenlider auf Berührung der Conjunctiva (resp. Cornea) = Cornealreflex.

a) sensible Bahn: N. infraorbitalis vom N. lacrymalis (Trigeminus).

b) Centralorgan: Med. oblongata.

c) Motorische Bahn: Rr.-zygomatici N. facialis.

d) Muskeln: M. orbicularis oculi.

Zugleich secernieren die Thränendrüsen.

II) Verengerung der Pupille auf Reizung des N. opticus. = Pupillarreflex, Pupillarreaction

a) sensible Bahn: N. opticus.

b) Centralorgan: Corpp. quadrigemina.

c) Mot. Bahn: N. oculomot.

d) Muskeln: M. sphincter pupillae.

Beide Pupillen verengern und erweitern sich stets gleichzeitig. Fällt z. B. eine grosse Menge Licht nur in das linke Auge, so verengt sich sowohl die linke Pupille (= direkte Pupillarreaction) als auch die rechte (= indirekte, consensuelle Pupillarreaction).

---

*) Nerven, welche an der Peripherie erregt, diese Reize dem Centrum zuführen, so dass er dort auf andere centrifugalleitende Fasern übertritt = reflectorische, excitomotorische Nerven.

III) Schlingakt (siehe Verdauung).

IV) Erbrechen (siehe Magen).

Beim Erbrechen ist die sensible (centripetale) Bahn sehr verschieden. Erbrechen kann angeregt werden vom Gehirn (durch widrige Vorstellungen), vom äusseren Gehörgang (N. auricularis N. vagi), vom Rachen, vom Magen oder Darm, vom Bauchfell, vom Uterus aus.

V) Husten (siehe Verdauung).

VI) Niesen

erfolgt auf Reizung der Nasenschleimhaut

a) sensible Bahn: Rr. nasales vom N. ethmoidalis (= N. nasalis).
b) Centralorgan: Med. oblongata.
c) Mot. Bahn: Nerven des weichen Gaumes und der Exspirationsmuskeln.
d) Nachdem der Nasenrachenverschluss (siehe Verdauung) hergestellt ist, wird derselbe durch eine kräftige Exspiration gesprengt und die in der Nase befindlichen Teile herausgeschleudert.

VII) Harnlassen (siehe Harn).

VIII) Erection, Ejaculation (siehe Zeugung).

IX) Defaecation (siehe Verdauung).

X) Wehen = schmerzhafte Contraction des Uterus, welcher bestrebt ist, seinen Inhalt zu entleeren.

a) Sensible Bahn: Plex. uterinus (N. sympathicus).
b) Centralorgan: Lendenmark.
c) Motorische Bahn: Plex. uterinus.
d) Muskeln: Uterusmuskulatur, Bauchpresse.

XI) Kniephänomen = Patellarreflex = Westphal'sches Zeichen:

Bei Schlag auf das Lig. patellae inf. contrahiert sich der M. quadriceps.

a) Sensible Bahn: Plex. sacralis.
b) Centralorgan: Rückenmark.
c) Motorische Bahn: Plex. sacralis.
d) Muskeln: M. quadriceps.

Ist eine Stelle im Reflexbogen erkrankt, so wird der Reflex entweder gesteigert oder abgeschwächt (bis zum völligen Verschwinden).

Durch besondere Gifte (Strychnin) wird die Reflexerregbarkeit derartig gesteigert, dass nach Application des geringsten Reizes (Berührung der Haut, lautes Sprechen) sofort eine gewaltsame Contraction sämtlicher Körpermuskeln folgt. Das Gleiche beobachtet man beim Tetanus.

In pathologischen Fällen beobachtet man Reflexe besonderer Art:

1) Schielen (= Strabismus*)) beim Zahnen der Kinder.
2) Krämpfe der Wadenmuskulatur bei schweren Darmaffectionen.

Markirt man den Moment der Reizung und den der Zuckung, so ist die verflossene Zeit

= 1) Fortpflanzung des Reizes im sensiblen Nerven.
+ 2) Übertragung des Reizes im Centrum (innerhalb der Ganglienzellen) = sogenannte Reflexzeit.
+ 3) Fortpflanzung des Reizes im mot. Nerven.
+ 4) Zeit der latenten Reizung.

Da die Dauer von 1), 3) und 4) leicht zu bestimmen ist (siehe Allgem. Muskel- und Nervenphysiologie), so ergiebt sich die Reflexzeit = 0,01 Sek.

Das Gehirn (wahrscheinlich das Mittelhirn) übt auf die Reflexe eine hemmende Wirkung aus; wird daher das Gehirn selbst oder die die Reflexhemmung leitenden Bahnen (Seitenstränge des Rückenmarkes) ausgeschaltet, so werden die Reflexe intensiver, gesteigert.

Mitbewegungen.

Bei bestimmten willkürlichen Bewegungen werden mehr als die zur beabsichtigten Bewegung nötigen Muskeln contrahiert = Übertragung des einem motorischen Nerven applicierten Reizes durch Vermittlung des Centralorgans auf einen zweiten oder mehrere motorische Nerven,

z. B. Verengerung der Pupille bei Einwärtsdrehen des Auges; Verziehen des Mundes beim Schliessen des Auges etc.

Mitempfindung

= Irradiation = Ausstrahlung der Empfindung: Die Empfindung bleibt nicht auf die wirklich erregte Faser beschränkt, sondern breitet sich vermittelst des Centralorgans auf andere Nerven aus,

z. B.: Bei Zahnweh schmerzt das ganze Gesicht.

---

*) Von $\sigma\tau\rho\acute{\varepsilon}\varphi\omega$ drehen.

Ein einem motorischen Nerven applicierter Reiz kann durch das Centralorgan auch auf einen sensiblen übertragen werden,

z. B.: Gefühl der Ermüdung nach starker Bewegung.

Zusammenfassung:

Vermittelst des Centralorgans werden also Reize übertragen:

A) Von sensiblen auf motorische Nerven (= Reflex).
B) Von motorischen auf motorische Nerven (= Mitbewegung).
C) Von sensiblen auf sensible Nerven (= Mitempfindung, Irradiation).
C) Von motorischen auf sensible Nerven.

Vergleichende Physiologie.

Ein enthirnter Frosch lässt seine Stimme ertönen, so oft man seine Rückenhaut streichelt = Quakreflex.

Die mechanische Reizung der Brusthaut des männlichen Frosches an der Rückenhaut des Weibes liefert bei der Begattung die Erregung für die sensiblen Nerven. Das Adductionscentrum der Arme wird reflectorisch erregt, das Weibchen wird von dem Männchen mit dessen Armen (vorderen Extremitäten) durch eine Adductionsbewegung umfasst. Diese Bewegung ist rein reflectorisch, man kann dem Männchen den Kopf abschneiden, ohne dass die Begattung aufhört. Wenn man das Rückenmark bis zum II. Wirbel (Adductionscentrum) zerstört, lässt der Frosch das Weibchen los.

XVI. Gefühlssinn.

Der Gefühlssinn schliesst eine Reihe von Sinnen ein:

1) Ortssinn,
2) Drucksinn,
3) Temperatursinn,
4) Muskelsinn,
5) Schmerz.

1) **Ortssinn** (= Raumsinn, Localisationsvermögen) ist der Sinn, mit dessen Hülfe wir erkennen, wo eine Berührung, ein Druck etc. ausgeübt wird; denn jede Empfindung ist mit einem Lokalzeichen verbunden. Der Ortssinn verhält sich an verschiedenen Körperstellen sehr verschieden, an einigen Stellen ist er gröber, an anderen feiner. Behufs Prüfung des Ortssinnes berührt man bei geschlossenen Augen irgend eine Hautstelle und lässt den Ort der Berührung mit dem Finger bezeichnen; Gesunde treffen sehr genau oder irren nur um 1—2 cm.

Eine andere Art der Prüfung geschieht in der Weise, dass man die beiden Spitzen eines Tasterzirkels auf die zu untersuchende Stelle aufsetzt; wenn man die beiden Spitzen bis zu einer gewissen Grenze genähert hat, ist der Ortssinn nicht mehr im Stande, sie als zwei Spitzen zu unterscheiden und nimmt nur noch eine Berührung wahr. Die Entfernung, in welcher die Spitzen eben noch als zwei empfunden werden, giebt das Maass für den Ortssinn der betreffenden Stelle ab.*)

*) Statt des Tasterzirkels kann man auch das Sieveking'sche Aesthesiometer (αἰσθάνομαι fühlen) anwenden: An einem gradierten Maassstab befinden sich 2 Spitzen, die eine steht fest, die andere kann beliebig verschoben werden, so dass man stets sofort die Entfernung der Spitzen am Maassstab ablesen kann.

Am feinsten ist der Ortssinn entwickelt im Gebiet des N. lingualis (Zungenspitze), am mangelhaftesten im Gebiet des N. sympathicus (Eingeweide).

Zwei Spitzen werden noch als zwei empfunden, wenn sie entfernt sind:

Zungenspitze 1 mm, Lippe 5 mm, Nasenspitze 7 mm, Volarfläche der Hand 11 mm, Stirn 23 mm, Dorsalfläche der Hand 32 mm, Hals 34 mm, Unterarm, Unterschenkel 41 mm, Rücken 60 mm, Oberarm, Oberschenkel 70 mm.

(Diese Zahlen gelten nur für den Erwachsenen).

Für die Verschiedenartigkeit der Ortsempfindlichkeit an den einzelnen Körperstellen gilt die Erklärung von Bernstein: Die Haut zerfällt in eine Menge mosaikartig angeordneter Feldchen, deren jedes einer Nervenfaser entspricht. Sollen die beiden Zirkelspitzen als zwei empfunden werden, so ist eine bestimmte (für die verschiedenen Hautstellen verschieden grosse) Anzahl dazwischenliegender unerregter Feldchen notwendig. Da aber der Ortssinn durch fortgesetzte Uebung geschärft und verfeinert werden kann, so ist jedenfalls neben dem peripherischen Vorgang auch das Centralorgan (Gehirn) beteiligt.

Misst man für irgend eine Hautstelle die Entfernung, in welcher beide Spitzen eben noch als eine gefühlt werden (= 2—3 mm weniger als die in obenstehender Tabelle angegebenen Zahlen), und führt diese Messung nach verschiedenen Richtungen aus, so erhält man eine kreisförmige oder mehr ovale Figur = Empfindungskreis (auch Tastkreis genannt), innerhalb dessen also stets zwei Berührungen als eine wahrgenommen werden.

2) **Drucksinn.** Giebt uns an, wenn eine gewisse Kraft auf die Körperfläche einwirkt. Die Druckempfindungen werden nicht nur als solche wahrgenommen, sondern auch ihrer Stärke nach abgeschätzt. Man prüft den Drucksinn, indem man den zu untersuchenden Teil auf einen festen Unterstützungspunkt auflegt und mit verschieden schweren Gewichten belastet.*)

Empfundene minimalische Druckwerte:

Stirn, Schläfe, Wangen 2 mgr, Bauch 5—10 mgr, Handteller 5—15 mgr, Handrücken 2—5 mgr, Vorderarm 2—15 mgr,

---

*) Besondere zu genauer Druckmessung construierte Apparate sind:

a) Landois: Quecksilberdruckwage.

b) Dohrn: Wagebalken.

c) Eulenburg: Baraestthesiometer (τό βαρος die Schwere.)

d) Goltz: Pulsierender elastischer Schlauch.

äusser Fussrand 115 mgr, Fussrücken 10—115 mgr, Plantarseite des Fusses 115—515 mgr, Nägel der Finger und Zehen 1000 mgr. Kalte Gewichte erscheinen schwerer als warme. Auch Druckunterschieden gegenüber ist der Drucksinn sehr empfindlich, er unterscheidet an Stirn, Lippen, Wangen Gewichtsdifferenzen von $^1/_{30}$—$^1/_{40}$, Handrücken, Oberarm, Vorderarm, Oberschenkel, Unterschenkel $^1/_{10}$—$^1/_{20}$.

Dabei hat sich gezeigt, dass dem Drucksinn nur bestimmte Punkte der Haut, sogenannte Druckpunkte dienen. Die Anordnung dieser Druckpunkte ist an den verschiedenen Teilen verschieden.

Die Druckempfindung kann in Schmerz übergehen, z. B. beim Stich.

3) **Temperatursinn** = Empfindung für Warm und Kalt, unterrichtet über die Temperatur der Haut und der mit ihr in unmittelbarer Berührung stehenden Dinge. Man prüft den Temperatursinn mit warmen resp. kalten Metallstäbchen oder mit Reagensröhren, die mit verschieden temperirtem Wasser gefüllt werden. Die Eigentemperatur der Haut*) ist das Bestimmende für die Temperaturempfindung. Man nimmt eigentlich mehr den Akt des Erwärmens resp. Erkaltens wahr als die absolute Temperatur; wichtig ist daher das Wärmeleitungsvermögen der berührten Gegenstände, da z. B. gut leitendes Metall der Haut in derselben Zeit viel mehr Wärme entzieht als das schlecht leitende Holz. Bei der Prüfung des Temperatursinnes erscheint derjenige dieser beiden Körper als der kältere, welcher der Haut mehr Wärme entzieht.

(Thermopheugoskop = Instrument zur Messung des Wärmeverlustes der äusseren Haut.)

Es werden unterschieden an:

Arm 0,2° C., Gesicht 0,3° C., Brust 0,4° C., Bauch 0,5° C., Oberschenkel 0,5° C., Unterschenkel 0,6—0,7° C., Rücken 1° C.

Die grösste Unterscheidungsempfindlichkeit für Temperaturen findet man bei ca. 30° C. Dem Temperatursinn dienen nur bestimmte Punkte der Haut, sogenannte Temperaturpunkte, welche wiederum in Kältepunkte und Wärmepunkte zerfallen;

---

*) Gesicht 31° C. Finger, Nasenspitze, Ohrläppchen 24°, Hand 28°, Rumpf 31°, Fuss 27°.

an ein und derselben Hautstelle sind Wärmesinn und Kältesinn verschieden localisiert. Der Minimalabstand je zweier Kältepunkte beträgt 0,8 mm, je zweier Wärmepunkte 2 mm. Solche Temperaturpunkte der Haut empfinden (bei vorsichtiger Untersuchung) weder Druck noch Schmerz und dienen nur der Temperaturempfindung.

Drucksinn, Temperatursinn und Ortssinn bezeichnet man zusammenfassend als Tastsinn, Tastvermögen und die Empfindungen des Druckes und der Temperatur als tactile Empfindungen.

Der Tastsinn giebt uns (auch nach Ausschluss des Gesichtssinnes) Auskunft über Grösse, Beschaffenheit der Oberfläche, Temperatur der Körper. Vervollständigt wird dieser Eindruck dadurch, dass Tastorgan und Object gegen einander verschoben werden und das Tastorgan auf diese Weise mit verschiedenen Stellen ein und desselben Körpers in Berührung kommt. Dieses Tastvermögen ist besonders an den Händen ausgebildet, welche vermöge der Beweglichkeit der Finger ganz besonders geeignet zum Tasten erscheinen. Dabei sind wir an eine bestimmte Stellung des Tastorgans gewöhnt, z. B. berühren sich normaler Weise Ulnarfläche des II. Fingers und Radialfläche des III. Fingers; was zwischen diesen beiden Fingern liegt, wird also stets von diesen beiden Flächen berührt. Wird die normale Stellung des Tastorgans verändert, so unterliegt man Täuschungen. Kreuzt man Zeigefinger und Mittelfinger und betastet mit den gekreuzten Fingerspitzen eine Erbse (= Erbsversuch des Aristoteles), so erhält man die Vorstellung von 2 Erbsen; denn die Erbse berührt Radialfläche des II. und Ulnarfläche des III. Fingers, d. h. 2 Flächen, die bei normaler Stellung des Tastorgans eine Berührung nur von zwei verschiedenen Gegenständen erfahren können.

Tastwahrnehmungen finden sich nur an der äusseren Haut und ihren nächsten Fortsetzungen (Mundhöhle, Nasenhöhle, Mastdarm, Ungenitalöffnung, äusserer Gehörgang) und fehlen in allen Eingeweiden (Magen, Darm etc.), dort findet sich nur Schmerzempfindung.

Die Tastempfindungen gelangen durch die hinteren Wurzeln der Spinalnerven, durch die Ganglien der grauen Hinterhörner,

durch die Hinterstränge derselben Seite aufwärts zur Medulla oblongata, treten dort auf die entgegengesetzte Seite über (obere Pyramidenkreuzung), verlaufen durch Pons, Pedunculus cerebri (Haube), Capsula interna (innere Hälfte des hinteren Drittels), Stabkranz zum Parietallappen (= Centrum für die Tastempfindungen).

4) **Muskelsinn** (Muskelgefühl, Kraftsinn). Belehrt uns über den Grad der anzuwendenden Zusammenziehung zur Überwältigung von Widerständen = Fähigkeit, die Schwere gehobener Körper zu beurteilen. Behufs Prüfung des Muskelsinnes lässt man verschiedene in ein Tuch eingeschlagene Gewichte mit der Hand aufheben und abschätzen, oder man bringt durch verschieden starke electrische (faradische) Ströme die Muskeln zur Contraction und beobachtet die dabei auftretenden electromuskulären Gefühle; bei einer gewissen Stromesstärke wird die Muskelcontraction fühlbar (= Gefühlsminimum), bei einer bestimmten Stromesstärke sogar schmerzhaft (= Schmerzminimum).*)

Der Muskelsinn erkennt Gewichtsunterschiede besser als das absolute Gewicht. Mit der oberen Extremität nimmt man 1 gr Belastung wahr, mit der unteren Extremität 30—40 gr, oft erst ein grösseres Gewicht. Ein geringes Muskelgefühl zeigen die Atemmuskeln, gar kein Muskelgefühl besitzt die Muskulatur des Herzens und die glatte Muskulatur.

Der Muskelsinn ist feiner als der Drucksinn; der Muskelsinn unterscheidet Gewichte, die sich verhalten wie 39 : 40, der Drucksinn solche, die sich verhalten wie 29 : 30.

Die Bahnen für das Muskelgefühl sind: Hintere Wurzeln, Ganglien der grauen Hinterhörner, Hinterstränge, Med. oblongat. (dort Kreuzung, obere Pyramidenkreuzung), Pons, Pedunculus cerebri (Haube), innere Kapsel (mittlere Hälfte des hinteren Drittels), Stabkranz, Centralwindungen (= motorische Rindencentra).

Muskelsinn und Drucksinn wirken vielfach zusammen, namentlich beim Gehen und Stehen.

---

*) Nach angestrengter Thätigkeit entsteht in den Muskeln das Gefühl der Ermüdung, Schwere, Abgeschlagenheit, welches jedenfalls auch auf das Muskelgefühl zurückzuführen ist. (Siehe Seite 231)

Bei jeder willkürlichen Bewegung contrahieren sich mehrere Muskeln; zur richtigen Ausführung der Bewegung bedarf es eines geordneten Zusammenwirkens der einzelnen Muskeln = Coordination der Muskelbewegungen (= Funktion des Muskelsinns). Wenn die Fähigkeit der Coordination schwindet, sind die Muskeln zwar nicht gelähmt, aber die Muskelbewegungen werden ungeschickt ausgeführt = Ataxie = Störung der motorischen Coordination (τάξις Ordnung).

5) **Schmerz** (Sensibilität im engeren Sinne*)) = über das gewöhnliche Mass hinausgehende Reizung sensibler Nerven. Schmerz kann durch alle möglichen (physikalischen, chemischen, thermischen, elektrischen) Einwirkungen hervorgebracht werden. So sind z. B. Wärme und Kälte bei gewissen Graden im Stande Schmerz zu erregen (= Temperaturschmerz). Taucht man die Finger (Temperatur von 24° C) in Wasser von 49° C oder von 0° C, beide Male empfindet man Schmerz; jedoch muss man die Zeit des Eintauchens und die Grösse der eingetauchten Oberfläche berücksichtigen; je länger oder je mehr Finger man eintaucht, desto grösser wird der Schmerz.

Besonders zu bemerken ist:

a) Irradiation**) des Schmerzes = Ausbreitung des Schmerzes in einem Hof um den direkt afficierten Teil, z. B. Gesichtsschmerz bei Zahnweh.

b) Excentrische Projektion = peripherische Wahrnehmung der Gefühlseindrücke: Wird ein sensibler Nerv an irgend einer Stelle seines Verlaufs von einem schmerzerzeugenden Reiz getroffen, so wird der Schmerz stets an die Peripherie, d. h. an die Endausbreitung der Nerven verlegt. Wird z. B. der N. uluaris am Condyl. int. humeri irgendwie gereizt, so entsteht eine schmerzhafte Empfindung in der Endausbreitung der Nerven, d. h. in der Hand.

Die Bahnen für die Schmerzleitung sind: Die sensiblen Nerven, hintere Wurzeln, graue Substanz, Hinterstränge, teilweise auch Seitenstränge des Rückenmarks (die Fasern treten im Rückenmark auf die andere Seite über = Kreuzung der Fasern), Med. oblongata, Pons, Pedunculus cerebri (Haube), Capsula interna (innere Hälfte des hinteren Drittels), Stabkranz,

---

*) Unter Sensibilität im weiteren Sinne versteht man den ganzen Gefühlssinn.

**) Irradiatio (radius = der Strahl; irradiare ausstrahlen) = die Ausstrahlung.

(Siehe Seite 230.)

Parietallappen. Daraus folgt, dass die sensiblen und die tactilen Empfindungen nicht in denselben Bahnen verlaufen.

Die sensiblen Nerven enden entweder frei in der Haut oder besitzen besondere Endapparate:

α) Vater-Pacinische Körperchen,
β) Meissner-Wagnersche Tastkörperchen,
γ) Krausesche Endkolben,
δ) Merkelsche Tastzellen.

Man prüft die Sensibilität entweder durch Stechen mit der Nadel etc. oder auf elektrischem Wege, indem man feststellt, welche Stromstärke eben genügt, um Schmerz zu erzeugen. Einzelne Nerven z. B. Trigeminus, Splanchnicus sind überaus empfindlich.

Neuralgie = Nervenschmerz = anfallsweise auftretende Schmerzen, welche auf ein bestimmtes Nervengebiet beschränkt sind.

Analgesie = Aufhebung des Schmerzgefühles.

Anästhesie = Aufhebung des Gefühles überhaupt.

Apselaphesie = Aufhebung des Tastgefühles ($\psi\eta\lambda\alpha\varphi\acute{\alpha}\omega$ tasten).

Dem Gefühlssinn reihen sich an die Gemeingefühle = nicht näher definierbare Zustände unseres eigenen Körpers, die zum Bewusstsein gelangen: Kitzel, Schauder, Ekel, Wollust, Hunger, Durst, Ermüdung, Schwindel, Wohlsein, Unwohlsein.

XVII. Geruchssinn.

Die Nase, in der das Geruchsorgan localisiert ist, zerfällt durch eine sagittale Scheidewand (= Septum narium) in 2 Höhlen, eine rechte und eine linke; jede dieser beiden Höhlen besitzt also eine mediale Wand (= Septum narium) und eine laterale Wand, die von den Muscheln (obere, mittlere, untere) gebildet wird. Ausser diesen beiden Haupthöhlen gehören zur Nase auch mehrere Nebenhöhlen, die mit ersteren in direkter offener Verbindung stehen:

1) Keilbeinhöhle, Sinus sphenoidales.
2) Stirnhöhle, Sinus frontales.
3) Oberkieferhöhle, Sinus maxillares (= Antrum Highmori).

Alle diese Höhlen sind mit Schleimhaut ausgekleidet.

Man teilt jede der beiden Haupthöhlen in zwei Teile:

a) einen oberen (obere Hälfte) = Pars olfactoria,
b) einen unteren (untere Hälfte) = Pars respiratoria.

Wenn sich die Nase bei der Atmung (= Respiration) beteiligt, so streicht die Luft durch Nasenlöcher, unteren Teil der Nasenhöhle (= Pars respiratoria), Choanen, Pharynx, Larynx etc. zu den Lungen. Wenn man dagegen etwas riechen will, so macht man bei geschlossenem Mund kurze, schnell auf einander folgende Inspirationen durch die Nase (= Schnüffeln), zieht so die zu riechende Substanz in den oberen Teil der Nasenhöhle und bringt sie mit der Riechschleimhaut (= Pars olfactoria) in Verbindung. Es besteht ein bedeutender Unterschied zwischen der Schleimhaut der Pars respiratoria und der der Pars olfactoria.

Schleimhaut der Pars respiratoria ist röthlich, trägt Flimmerepithel, enthält acinöse Drüsen, welche ein klares, wässriges Secret liefern, und weist an verschiedenen Stellen markhaltige Nervenfasern (Trigeminus) auf.

Schleimhaut der Pars olfactoria: ist gelbbraun (diese Farbe rührt von einem innerhalb der Epithelzellen gelegenen gelblich-bräunlichem körnigen Pigment her), enthält schlauchförmige (sogenannte Bowman'sche) Drüsen und marklose Nerven-

fasern (des M. olfactorius). Das Epithel ist im allgemeinen ein einschichtiges Cylinderepithel, doch muss man genauer unterscheiden:

1) Cylinderzellen (auch Stützzellen genannt).
2) Stäbchenzellen = Riechzellen = Endorgane des N. olfactorius, liegen zwischen den Cylinderzellen, sind spindelförmig mit grossem Kern und Kernkörperchen, senden einen stäbchenförmigen Fortsatz zwischen den Epithelzellen hindurch zur freien Oberfläche und stehen in direkter Verbindung mit den Endausbreitungen des N. olfactorius.
3) Ersatzzellen, Basalzellen = junge Elemente, treten später an die Stelle der zu Grunde gegangenen Cylinderzellen, liegen direkt auf dem Bindegewebe der Mucosa zwischen den basalen Teilen der Cylinderzellen.

Der N. olfactorius = Riechnerv. Zum Geruchscentrum gehören Gyrus fornicatus, Gyrus Hippocampi, Substantia perforata antica, Bulbus olfactorius.

Man riecht nur gasförmige Substanzen; mechanische oder chemische Reizung der Nasenschleimhaut liefert keine Geruchsempfindung. Manche Substanzen werden nicht nur durch den Geruch (N. olfactorius) wahrgenommen, sondern wirken zugleich auch chemisch reizend auf die in der Nasenschleimhaut vorhandenen sensiblen Nervenendigungen (Trigeminus), z. B. Ammoniak, Essigsäure.

Der Geruchssinn ist sehr fein, man riecht nach:

Ammoniak $\frac{1}{33000}$

Phosphorwasserstoff $\frac{1}{55000}$

Brom $\frac{1}{200000}$

Schwefelwasserstoff $\frac{1}{1700000}$

Chlorphenol (C_6 H_4 Cl OH) $\frac{1}{4600000}$

Aethylmercaptan (C_2 H_5 S H) $\frac{1}{460000000}$

Die Geruchsempfindungen sind sehr verschieden; man unterscheidet angenehme und unangenehme Gerüche, doch bestehen dabei grosse individuelle Unterschiede. Die unangenehm riechenden Substanzen sind meist auch dem Körper gefährlich und werden durch den Geruchssinn als solche erkannt.

Der Geruchssinn wirkt vielfach mit dem Geschmackssinn zusammen.

[Verlust des Geruchssinnes = Anosmie (ὀσμή = Geruch) = Anaesthesia olfactoria.]

Die sensiblen Nerven der sehr empfindlichen Nasenschleimhaut gehören dem II. Ast des Trigeminus an.

Man prüft den Geruchssinn durch Vorhalten riechender Stoffe, die aber nicht zugleich die sensiblen Fasern irgendwie reizen dürfen.

XVIII. Geschmackssinn.

Als Geschmacksorgan fungiert die Schleimhaut der Zunge, des weichen Gaumens und der Gaumenbögen. An denjenigen Stellen, welchen Geschmacksvermögen inne wohnt, finden sich die sogenannten Geschmacksknospen, Schmeckbecher = Endapparate der Geschmacksnerven (N. glossopharyngeus, N. lingualis). Die Zungenschleimhaut, mit geschichtetem Pflasterepithel bedeckt, zeigt zahlreiche kleine warzenartige Erhebungen, Papillen (papilla = Warze), welche wegen ihrer verschiedenen Form Papillae circumvallatae, P. foliatae, P. fungiformes, P. filiformes heissen.

Papillae filiformes: (4—6 auf 1 qmm) 0,6 mm lang, 0,2 mm dick.

P. fungiformes: 0,7 mm lang, 0,6—0,7 mm dick (am Kopf).

P. circumvallatae: Durchmesser am Kopf 2—3 mm.

„ „ Stiel 1—2 mm.

Die Schmeckbecher sitzen nur auf den einander zugewandten Flächen der Papillen in dem jede Papille bedeckenden Epithel, ragen bis an die Oberfläche und stehen rückwärts mit den in jede Papille eintretenden Nervenfasern in Verbindung. Auf 1 Papille entfallen mehrere Tausend Schmeckbecher, auf die ganze Zunge über 100 000. Zwischen je zwei Papillen liegt eine Vertiefung (= Wallgraben), in diese gerät die zu schmeckende Substanz und kommt daselbst in direkte Berührung mit den Schmeckbechern. Damit eine Substanz in dieser Weise geschmeckt werde, muss sie im Munde in gelöstem Zustande vorhanden sein; nicht lösliche Körper (Eiweiss, Gummi etc.) werden durch den Geschmackssinn nicht wahrgenommen.*)

*) Krankhafter Verlust des Geschmackssinnes = Ageusis (ἡ γεῦσις = der Geschmack) = Anaesthesia gustatoria.

Die Papillae circumvallatae und foliatae (hinterer Teil der Zunge) = am besten schmeckender Teil der Zunge, versorgt vom N. glossopharyngeus; die anderen Papillen (vorderer Teil der Zunge) versorgt vom N. lingualis. In dem N. lingualis ist es hauptsächlich die Chorda tympani, welche Geschmacksempfindungen vermittelt. Die in der Chorda enthaltenen Geschmacksfasern entstammen in letzter Linie dem Glossopharyngeus.

Das Geschmackscentrum liegt im Gyrus uncinatus.

[Auch im Epithel der Vorderfläche des weichen Gaumens und an der Hinterfläche der Epiglottis sind Schmeckbecher gefunden worden.]

Zungenmuskeln (quergestreift) [siehe Verdauung]:

a) von Skeletteilen entspringend:
   1) Genioglossus, von der Spina mental. int.
   2) Hyoglossus, vom Zungenbein.
   3) Styloglossus, vom Proc. styloideus.

b) Binnenmuskeln der Zunge:
   1) Longitudinalis linguae sup.
   2) Longitudinalis linguae inf.
   3) Transversus linguae.

Die Zunge besitzt eine sehr feste Submucosa, in die die Muskeln übergehen.

Der motorische Nerv der Zunge ist der N. hypoglossus.

Es giebt 5 Geschmacksqualitäten: Süss, bitter, salzig, sauer, laugenartig; sauer schmecken die Säuren, laugenartig die Alkalien, Basen.

Die beste Temperatur zum Schmecken liegt bei 10—35° C.

Man prüft den Geschmackssinn durch Aufpinseln verschiedener Lösungen (Chininlösung, Zuckerlösung etc.) auf die herausgestreckte Zunge.

Zeit zwischen Application einer Substanz und Eintritt der Empfindung:

Chlornatrium	0,16 "	Säuren	0,17 "
Zucker	0,16 "	Chinin	0,21 "

Strychnin (sehr bitter) schmeckt

stark bitter in wässriger Lösung	1 : 40 000
merklich bitter	1 : 400 000
noch erkennbar	1 : 640 000

Die Empfindlichkeit für Chinin ist 211 mal grösser als für Chlornatrium.

Bei manchen Stoffen hört die Geschmacksempfindung zugleich mit dem Verschlucken derselben auf, bei andern, insbesondere bitteren, besteht sie lange Zeit nach dem Verschlucken fort = Nachgeschmack, kann selbst durch nachfolgende Geschmackseindrücke anderer Qualität nicht gänzlich verdrängt werden.

Lässt man den constanten elektrischen Strom durch die Zunge hindurchgehen, so hat man während der Dauer der Stromesschliessung an der Stelle des Stromeintritts (= Anode) eine säuerliche, an der Stelle des Stromaustritts (= Kathode) eine bittere Geschmacksempfindung.

XIX. Gehörssinn.

Der adaequate Reiz (= homologer Reiz = solcher Reiz für dessen erregende Thätigkeit das Organ besonders gebaut ist) für das Gehörorgan ist der Schall.

Physikalische Bemerkungen (Lehre vom Schall).

Wird eine schwach gespannte Saite in Schwingungen versetzt (= Wellenbewegung, Vibration, Oscillation*)), so sieht man die einzelnen Schwingungen und sieht auch die Saite in ihren verschiedenen Lagen nach einander. Wird die Spannung verstärkt, so werden die Schwingungen schneller, man kann die Saite in ihren verschiedenen Lagen nicht mehr genau unterscheiden. Wird die Spannung noch mehr verstärkt, so sind die einzelnen Bewegungen der Saite nicht mehr mit dem Auge wahrnehmbar, statt dessen erhalten wir von der schwingenden Saite einen Eindruck auf unser Ohr.

Wird eine biegsame Feder den Zähnen eines schnell rotierenden Rades genähert, so findet ein Eindruck auf unser Ohr statt.

Der Eindruck, welchen das Ohr in beiden Fällen erfährt, = Schall. Der Schall entsteht also durch eine sich wiederholende, schwingende oder stossförmige Bewegung, sofern sie nur hinreichend schnell erfolgt.

Behufs Wahrnehmung des Schalles bedarf es nicht allein der Schwingungen eines Körpers (Saite, Membran etc.), sondern es müssen diese schwingenden resp. stossförmigen Bewegungen durch ein elastisches Mittel zum Gehörorgan fortgeleitet werden. Jeder elastische Körper leitet den Schall, vor allem die atmosphärische Luft, aber auch Wasser, verschiedene feste Körper (z. B. Knochen) etc.

Wenn ein fester oder flüssiger Körper in Schwingungen gerät (= Wellenbewegung), so unterscheidet man nach der Schwingungsrichtung 3 Arten von Wellen:

1) Transversale Wellen.

Die Schwingungsrichtung der einzelnen Teilchen steht senkrecht zur Längsaxe des Körpers.

2) Longitudinale Wellen.

Die Schwingungsrichtung der einzelnen Teilchen ist der Längsaxe des Körpers parallel.

---

*) Vibro: schwingen, schwenken; oscillo: schaukeln, schwingen.

Der durch Longitudinalschwingungen eines Stabes erzeugte Ton ist stets viel höher als der durch Transversalschwingungen hervorgebrachte.

Das menschliche Trommelfell macht transversale Schwingungen.

3) Torsionswellen.

Die einzelnen Teilchen führen drehende Bewegungen um die Längsaxe des Körpers aus. Alle diese 3 Arten von Wellen*) können Ursache der Schallempfindung sein.

Die Leitung des Schalles durch die Luft geschieht aber nur durch Longitudinalwellen der Luft.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft bei 0° C.: 333 m in 1 Sek.;

in Wasser: ca. 1500 m in 1 Sek. (= 4—5 mal schneller als in Luft);

in festen Körpern (z. B. Knochen): 5—15 mal so schnell wie in Luft.

Die Schallwellen breiten sich radiär von der Ursprungsstelle nach allen Richtungen hin aus.

Werden in einer Flüssigkeit gleichzeitig mehrere Wellensysteme erregt, so durchkreuzen sich die Wellen der verschiedenen Systeme; die gegenseitige Einwirkung der Wellen auf einander = Interferenz.

(Wellenberg + Wellenberg = Wellenberg, dessen Höhe gleich der Summe der Höhen der beiden Wellenberge.

Wellenthal + Wellenthal = Wellenthal dessen Tiefe gleich der Summe der Tiefen der beiden Wellenthäler.

Wellenberg + Wellenthal heben einander gegenseitig auf.)

Treffen Wellen eines Mediums auf ein angrenzendes zweites Medium, so werden sie teils zurückgeworfen (= Reflexion der Wellen), teils werden in dem zweiten Medium ebenfalls Wellen erregt (= Fortpflanzung der Wellen in dem zweiten Medium). Ob Reflexion oder Fortpflanzung stattfindet, hängt von der Beschaffenheit der Medien ab. Treffen z. B. Luftwellen auf eine gespannte elastische Membran (Trommelfell), so wird diese in Schwingungen versetzt (= Fortpflanzung der Wellen), die Reflexion ist unbedeutend. Treffen dagegen die Luftwellen auf feste Körper (Felswände), so werden sie reflectiert (= Echo, Wiederhall, Nachhall), eine Fortpflanzung der Wellen in das zweite Medium hinein findet nur in unbedeutendem Grade statt.**)

Durch Röhren (äusserer Gehörgang) werden die Schallwellen auf grosse Entfernung hin ungeschwächt fortgeleitet, da die seitliche Ausbreitung der Schallwellen gehindert wird.

Ein Hörrohr (Ohrmuschel + äusserer Gehörgang) = Sammler der Schallwellen.

---

*) An jeder Welle unterscheidet man:

a) den Wellenberg = der über das ursprüngliche Niveau erhobene Teil.

b) das Wellenthal = der unter das ursprüngliche Niveau vertiefte Teil,

**) Der Unterschied liegt darin, dass eine elastische Membran leichter als ein fester Körper durch die Luftwellen in Schwingungen versetzt wird.

Knall = einmaliger heftiger kurz abgebrochener Eindruck auf unser Gehör.
Schall = Reihenfolge von Stössen oder Schwingungen, die auf das Gehör einwirken und zwar in:

a) regelmässiger Reihenfolge = Ton,
b) unregelmässiger Reihenfolge = Geräusch.

Man unterscheidet bei jedem Ton:

1) Höhe resp. Tiefe, bedingt durch die Zahl der Schwingungen in 1 Sek. Je grösser die Zahl, desto höher der Ton. Alle Töne von gleicher Höhe haben gleiche Schwingungszahl, gleichen Schwingungszahlen entsprechen gleiche Tonhöhen.

2) Intensität, Stärke, bedingt durch die Schwingungsamplitude.*) Je grösser die Schwingungsamplitude, desto stärker ist der Ton.

3) Klangfarbe (= Timbre = Tonfarbe = Klang). Giebt man den gleichen Ton mit gleicher Stärke auf verschiedenen Instrumenten an, so unterscheiden sich die erzeugten Töne dennoch durch die sogenannte Klangfarbe (siehe nachher S. 249).

Zur Bestimmung der Schwingungszahlen der Töne dienen die sogenannten Sirenen:

a) Sirene von Cagniard Latour:

Durch ein Rad sind in gleichen Zwischenräumen von einander und vom Mittelpunkt Löcher gebohrt; das Rad wird in Rotation versetzt und ein Luftstrom gegen die Löcher gerichtet. Stösst der Luftstrom auf ein Loch, so kann er hindurchtreten, stösst er auf eine verschlossene Stelle, so kann er nicht entweichen, Je schneller das Rad rotiert, desto öfter wird der Luftstrom unterbrochen, desto höher wird auch der entstehende Ton. Man kann nun durch Rotation einen bestimmten Ton erzeugen und dann durch Berechnung (mit Rücksicht auf die Umdrehungsgeschwindigkeit) angeben, wieviel Unterbrechungen der Luftstrom erfahren hat.

b) Sirene von Savart:

Rad mit Zähnen rotiert, gegen die Zähne des Rades wird ein elastisches Blättchen gehalten und so ein Ton erzeugt, dessen Höhe von der Anzahl der Zähne und der Drehungsgeschwindigkeit abhängt.

Auf diese Weise bestimmt man die Schwingungszahl jedes beliebigen Tones. Dabei hat sich gezeigt, dass die Schwingungszahl eines Stabes, einer Saite abhängig ist von der

1) Länge. (Je länger die Saite, desto weniger Schwingungen in einer Sek., desto tiefer der Ton.)

2) Spannung. (Je stärker die Spannung der Saite, desto mehr Schwingungen in einer Sek., desto höher der Ton. Denn jede veränderte Spannung verändert auch die Schwingungsfähigkeit.)

Besondere Instrumente zur Erzeugung von Tönen sind die Pfeifen = röhrenförmige Gefässe, die in ihnen eingeschlossene Luftmasse wird in Schwingungen versetzt und so ein Ton erzeugt. Man unterscheidet:

---

*) Amplitudo = Weite, Grösse der einzelnen Schwingung.

A) Lippenpfeifen (= gewöhnliche Kinderpfeife).

Die Schwingungen werden durch Anblasen erzeugt; die eingeblasene Luft trifft auf eine Kante (Lippe genannt).

B) Zungenpfeifen.

Der Ton wird durch ein elastisches Blatt (= Zunge) erzeugt, welches an einem Ende befestigt, mit dem andern Ende schwingt. Windrohr = Luft zuleitendes Rohr, Ansatzrohr = Rohr, durch das die Luft ausströmt.

Die Zunge kann sein:

a) metallisch.
Dann werden durch stärkeres Anblasen die Excursionen vergrössert, so dass weniger Schwingungen auf 1 Sek. entfallen und der Ton vertieft wird.

b) membranös.
Durch stärkeres Anblasen wird die Spannung und auch der Ton erhöht.

Der menschliche Kehlkopf = membranöse Zungenpfeife.

Töne verschiedener Schwingungszahlen sind verschieden, das Verhältnis ihrer Schwingungszahlen nennt man ein Tonverhältnis oder Intervall.

Das Zusammenklingen zweier oder mehrerer Töne = Accord.

Werden 2 Töne von verschiedener Höhe angegeben, so macht ihr Zusammenklingen auf unser Ohr entweder einen angenehmen Eindruck (= Consonanz, Harmonie) oder einen unangenehmen Eindruck (= Dissonanz, Disharmonie). Das Wesen eines Accords ist unabhängig von der Höhe der ihn zusammensetzenden Töne, also unabhängig von ihrer absoluten Schwingungszahl; das Bestimmende für jeden Accord ist das Verhältnis der Schwingungszahlen der Töne.

Consonierende Accorde: Octave, Quinte, Terz.

Das Verhältnis der Schwingungszahlen ist ein einfaches, entsprechend den einfachen Zahlen der natürlichen Zahlenreihe:

$$\frac{\text{Grundton}}{\text{Octave}} = \frac{1}{2} \qquad a : a' = 1 : 2$$

$$\frac{\text{Grundton}}{\text{Quinte}} = \frac{2}{3} \qquad a : e = 2 : 3$$

$$\frac{\text{Grundton}}{\text{Terz}} = \frac{4}{5} \qquad a : c = 4 : 5$$

Dissonierende Accorde: das Zahlenverhältnis ist ein schwierigeres:

$$\frac{\text{Grundton}}{\text{(grosse) Sekunde}} = \frac{8}{9}$$

$$\frac{\text{Grundton}}{\text{(kleine) Sekunde}} = \frac{15}{16}$$

Die Sekunde (besonders die kleine) ist eine Dissonanz.

Stimmgabel = U-förmig gebogener Stahlstab (= elastischer Stab), die beiden Schenkel = Zinken. Unten an der Vereinigungsstelle der Zinken ein

Stiel. Um die Stimmgabel zum Tönen zu bringen, wird sie an einem festen Körper angeschlagen.

Werden 2 Stimmgabeln von gleicher Tonhöhe angeschlagen, so wird ihr Ton gleichmässig wie ein einziger hörbar. Werden aber die Schwingungen der einen Stimmgabel durch ein auf die Zinken geklebtes Wachsstückchen etwas verzögert, so ist der Ton nicht mehr gleichmässig, sondern schwillt an und ab, schwankt in seiner Stärke, wird schlagend und stossend. Diese Schwankungen der Tonstärke = Schwebungen, Stösse.

Wird ein Ton z. B. c gleichzeitig mit seiner Quinte g angeschlagen, so hört man zugleich einen tiefen Ton C leise, dessen Schwingungszahl = der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne ist. Solche neu gebildete Töne = Differenztöne (Combinationstöne, Tartinische Töne).

Neben diesen Differenztönen giebt es auch Summationstöne, deren Schwingungszahl = der Summe der Schwingungszahlen der ursprünglichen Töne ist.

Normalton (= Kammerton)

a′: 440 Schwingungen in 1 Sek.

Darnach ist

c_{-2}: 32 Schwingungen in 1 Sek.

c_4: ca. 2000 Schwingungen in 1 Sek.

c_5: ca. 4000 Schwingungen in 1 Sek.

Tonempfindung beginnt erst bei 30—40 Schwingungen in 1 Sek.

Harmonische Oberreihe

= Töne, deren Schwingungszahlen nach den Verhältnissen der natürlichen Zahlenreihe wachsen oder unter einander im Verhältnis 1 : 2 : 3 : 4 : 5 . . . . . stehen. Betrachtet man den ersten Ton als Grundton, so bezeichnet man die übrigen Töne als seine Obertöne, oder man bezeichnet die Töne der Reihe nach als I., II., III. etc. Partialton (Teilton).

Wird irgend ein Ton z. B. a′ mit 440 Schwingungen angegeben und erklingt nur dieser 1 Ton, so ist die Schwingung, der Ton einfach. Gewöhnlich aber ertönen neben dem angeschlagenen Grundton seine sämtlichen Obertöne in verschiedener Stärke zugleich, d. h. innerhalb der durch den Grundton angeschlagenen Schwingungsperiode schwingen die Luftteilchen gleichzeitig in noch anderen höheren und tieferen Tönen angehörigen Perioden. So erfolgt also eine Uebereinanderlagerung mehrerer Schwingungen = Klang = Grundton + Obertöne. Dadurch, dass zum Grundton verschiedene Obertöne hinzugefügt werden, entsteht auch die sogenannte Klangfarbe (Timbre)*), siehe vorher S. 247.

Mittönen (= Resonieren).

Wenn in der Nähe eines Körpers, welcher einen einfachen Ton bestimmter Höhe geben kann, sein Ton angeschlagen wird, so gerät der Körper (= Resonator) dadurch mit in Schwingungen.

Wird von 2 gleich tönenden Stimmgabeln die eine angeschlagen, so ertönt auch die andere. Resonatoren = Hohlkugeln von Glas. Wird der Ton, auf den der Resonator abgestimmt ist, ausserhalb angegeben, so tönt er sehr kräftig mit

---

*) Wird von 2 Instrumenten derselbe Grundton angegeben, so werden ihm in beiden nicht dieselben Obertöne in gleicher Stärke hinzugefügt; dadurch entsteht trotz der gleichen Tonhöhe des Grundtons ein Klangunterschied.

So wird aus einer Tonmasse ein bestimmter Ton herausgefunden, indem man mit verschiedenen Resonatoren prüft; so kann jede Tonmasse in ihre Componenten zerlegt werden (= Analyse). Das Ohr, mit Resonatoren geübt, nimmt nun auch ohne Resonator die einzelnen einfachen Töne einer Klangmasse wahr. (= Ohmsches Gesetz); die verschiedenen und verschieden starken Obertöne, die den Grundton begleiten, machen das aus, was das Ohr als Klangfarbe empfindet.

Umgekehrt kann man aus einfachen Tönen Klänge und Klangfarbe darstellen = Synthese.

Vokale = Klänge = Grundton + bestimmte Obertöne.

Daher kann man die Vokale sowohl in einzelne einfache Töne zerlegen als auch durch Zusammensetzen solcher künstlich erzeugen (letzterem Zwecke dient der sog. Stimmgabelvocalapparat; die erforderlichen einfachen Töne werden von Stimmgabeln geliefert). So ist z. B.

U = B + b + f′
(Grundton). (Obertöne).

O = b′ + b + f′ + d″
(Grundton). (Obertöne).

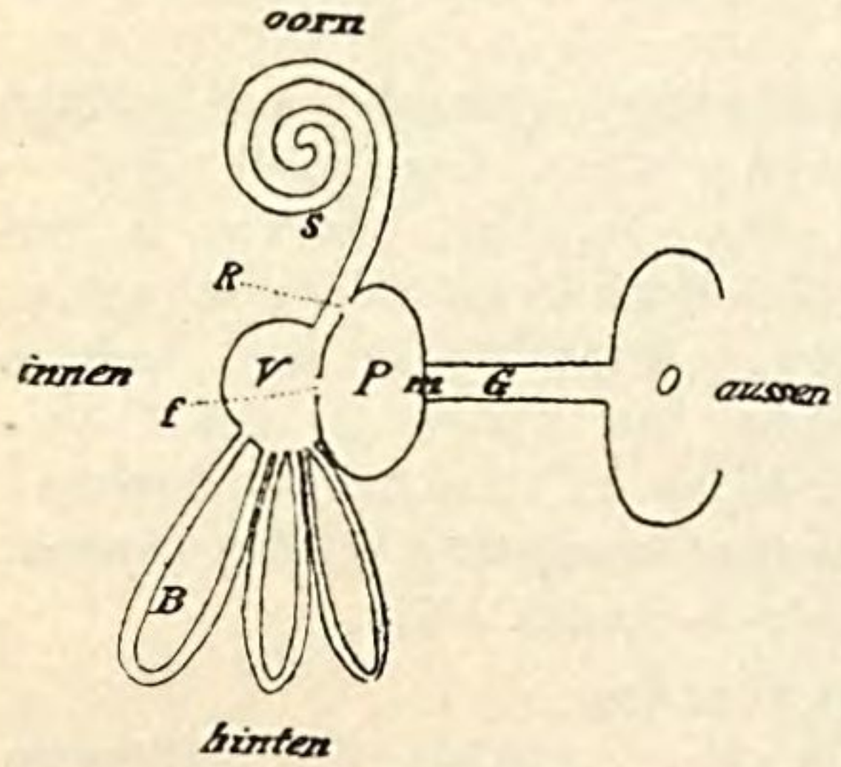
A, E, I enthalten sehr viele hohe Obertöne.

Das Stimmorgan des Menschen (Kehlkopf) = membranöse Zungenpfeife, giebt in verschiedener Stellung verschiedene Grundtöne an, in der Mundhöhle werden durch Resonanz bestimmte Obertöne verstärkt und hinzugefügt. Die Mundhöhle (= Resonator von verschiedener Form) nimmt bei den verschiedenen Vokalen verschiedene Form an, so dass sie jedesmal auf bestimmte Töne resoniert.

Das Gehörorgan (Fig. 57) zerfällt (wenn man in transversaler Richtung von aussen nach innen vordringt) in:

1) Aeusseres Ohr (Ohrmuschel + äusserer Gehörgang).
2) Mittleres Ohr, Paukenhöhle.
3) Inneres Ohr = Vestibulum + Schnecke + halbzirkelförmige Canäle.

Fig. 57.



O Ohrmuschel.
G äusserer Gehörgang.
P Paukenhöhle.
m Trommelfell.
V Vestibulum.
f Fenestra ovalis.
R Fenestra rotunda.
S Schnecke.
B Bogengänge.

Zwischen dem äusseren und mittleren Ohr befindet sich eine elastische membranöse Scheidewand, das Trommelfell, Membrana tympani. Das Mittelohr ist mit Luft gefüllt und enthält die Gehörknöchelchen (Hammer, Ambos, Steigbügel), die in unmittelbarer Verbindung mit dem Trommelfell durch dessen Schwingungen in Bewegung geraten.

Inneres Ohr = Labyrinth
1. Vestibulum 2. Schnecke 3. halbzirkelförmige K

Die in den äusseren Gehörgang eintretenden Luftwellen versetzen das Trommelfell in Schwingungen und dieses bewegt die Gehörknöchelchen.

Vom Mittelohr zum inneren Ohr vordringend, gelangt man zunächst in das Vestibulum, an dasselbe schliesst sich nach vorn die Schnecke, nach hinten die halbcirkelförmigen Canäle. (Die Räume des inneren Ohres liegen in sagittaler Richtung, es folgen von vorn nach hinten auf einander: Schnecke, Vestibulum, halbcirkelförmige Canäle). Das innere Ohr, (wegen seines complicierten Baues auch Labyrinth genannt), mit wässriger Flüssigkeit gefüllt, ist gegen das Mittelohr membranös abgeschlossen; die Gehörknöchelchen übertragen ihre Bewegungen durch die Membran hindurch auf die Flüssigkeit und erzeugen in dieser Wellen. In der Flüssigkeit des inneren Ohres liegen die Endigungen der N. acusticus, welche durch die Flüssigkeitswellen erregt werden.

Die Schallübertragung ist also wie folgt:

1) Luftwellen,
2) Schwingungen des Trommelfells,
3) Bewegungen der Gehörknöchelchen,
4) Wellen des Labyrinthwassers (Erregung der Endigungen des N. acusticus).

Aeusseres Ohr.

Die Ohrmuschel sammelt die Schallwellen und leitet sie dem äusseren Gehörgang zu. Mit Hülfe der Ohrmuschel gelingt es, zu unterscheiden, ob ein Ton vor uns oder hinter uns entstanden ist, da die Ohrmuschel wegen ihrer Form Schalleindrücke leichter von vorn als von hinten aufnimmt. Ob ein Schall von rechts oder links komme, unterscheiden wir vermittelst des verschieden starken Eindrucks auf beide Ohren.

Der äussere Gehörgang = Rohr, leitet die Schallwellen zum Trommelfell.

Das Trommelfell, Membrana tympani, Myrinx = elastische, ziemlich straff aufgespannte Membran, gerät sehr leicht in Schwingungen. Das Trommelfell steht nicht genau senkrecht zur Längsaxe des äusseren Gehörganges, sondern unter

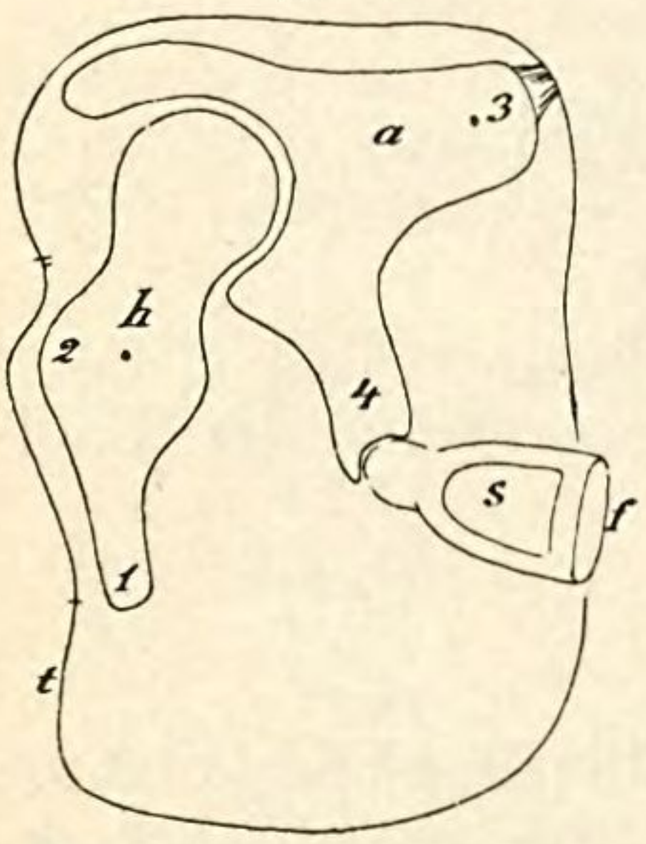
einem Winkel von 40° von oben aussen nach unten innen gerichtet. Ausserdem convergieren beide Trommelfelle so, dass sie nach vorn verlängert sich unter einem Winkel von 130° vor der Nase schneiden würden. Dadurch dass das Trommelfell schräg steht, bietet es den auffallenden Luftwellen eine möglichst grosse Fläche dar.

Allzu starke Schwingungen des Trommelfells werden durch den mit ihm verwachsenen Hammer verhindert = Dämpfungsvorrichtung. Das Trommelfell bildet keine Ebene, sondern ist etwas unterhalb der Mitte durch den Hammer nach innen gezogen.

Mittleres Ohr

= Paukenhöhle, Trommelhöhle, Cavum tympani = eine etwas unregelmässige Höhle, ist mit Schleimhaut ausgekleidet und enthält Luft und die Gehörknöchelchen.

Fig. 58.



h Hammer.
a Ambos.
s Steigbügel.
t fenestra ovalis.
f Trommelfell.
1 langer } Fortsatz des
2 kurzer } Hammers.
3 kurzer } Fortsatz des
4 langer } Ambos.

Die Gehörknöchelchen (Fig. 58) = geschlossene Kette, es sind der Reihe nach:

1) Hammer, Malleus.
2) Ambos, Jncus.
3) Steigbügel, Stapes.

Der Stiel des Hammers ist mit dem Trommelfell fest verwachsen, reicht vom oberen Rande bis über die Mitte des Trommelfelles herab und zieht dieses nach innen. Der Kopf des Hammers ist nicht mit dem Trommelfelle in direkter Verbindung, sondern ragt vielmehr in den hinter und oberhalb des Trommelfells gelegenen Teil der Paukenhöhle frei hinein und ruht daselbst auf der Gelenkfläche des Ambos. Geht der Stiel des Hammers nach innen, so bewegt sich der Kopf nach aussen und umgekehrt, der Hammer dreht sich also um einen fixen Punkt, der im Hals (d. h. zwischen Kopf und Stiel) gelegen ist.

Der Ambos hat die Gestalt eines Backenzahnes mit 2 Wurzeln, einer kurzen = kurzer Fortsatz) und einer langen (= langer Fortsatz), die Krone = Gelenkfläche, auf der der Kopf des Hammers ruht. Der kurze Fortsatz ist an der hinteren oberen Wand der Paukenhöhle befestigt, um diesen Befestigungspunkt dreht sich der Ambos so, dass Gelenkfläche und langer Fortsatz stets in gleichem Sinne bewegt werden.

Gelenk zwischen Hammer und Ambos = Sperrgelenk*): bei der Einwärtstreibung des Hammers wird auch der Ambos bewegt, bei der Auswärtstreibung des Hammers lösen sich beide Knochen, so weit es ihre Gelenkverbindung gestattet, von einander.

Der lange Fortsatz des Ambos articuliert mit dem Köpfchen des Steigbügels**); vom Köpfchen des Steigbügels gehen aus die beiden Schenkel, welche die Fussplatte des Steigbügels zwischen sich fassen. Die Fussplatte des Steigbügels verschliesst die Fenestra ovalis (= Communication zwischen Mittelohr und Vestibulum) und erschüttert bei ihren Bewegungen die Flüssigkeit des inneren Ohres.

So werden also die Bewegungen des Trommelfelles durch Vermittelung von Hammer, Ambos und Steigbügel auf das Labyrinthwasser übertragen. Infolge der Einrichtung des Sperrgelenkes zwischen Hammer und Ambos kann es beim Auswärtsgehen des Hammers nicht zu einer Zerrung am Steigbügel und einer störenden Erschütterung des Labyrinthwassers kommen.

Muskeln der Gehörknöchelchen (quergestreift):

1) M. tensor tympani, 2 ctm. lang.

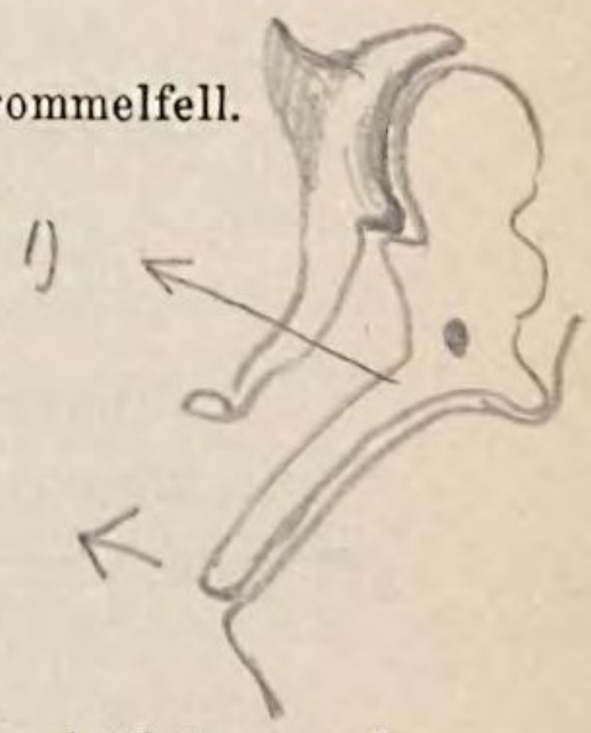
Ursprung: knorpeliger Teil der Tuba Eustachii, grosser Keilbeinflügel, verläuft im Semicanalis tensor. tympani.

Ansatz: Manubrium mallei (dicht am Hals des Hammers).

Wirkung: Zieht den Hammer nach innen und spannt das Trommelfell.

Nerv: N. trigeminus (Ggl. oticum).

2) M. stapedius (9 mm lang).



Ursprung: Eminentia pyramidalis.

Ansatz: Köpfchen des Steigbügels.

Wirkung: Fixiert den Steigbügel in der Fenestra ovalis

Nerv: N. stapedius (vom N. facialis).

Zum Mittelohr gehören noch:

A) Tuba Eustachii,

4 ctm lang, = luftleitendes Rohr zwischen Paukenhöhle und Rachen, verläuft von der Paukenhöhle nach vorn, unten und innen zum Rachen, zerfällt in einen lateralen knöchernen Teil (= $^1/_3$ der Länge) und in einen medialen knorpligen Teil (= $^2/_3$ der Länge). Die Tuba ist an verschiedenen Stellen von ungleicher Weite; die engste Stelle = Isthmus tubae, liegt im knorpligen Abschnitt dicht vor Beginn des knöchernen Teils.

---

*) Sperrgelenk: Es greifen hervorragende Teile einer Gelenkfläche in entsprechende Vertiefungen der andern. Die einzelnen zahnartigen Vorsprünge = Sperrzähne.

**) Zwischen langem Fortsatz des Ambos und Köpfchen des Steigbügels ein kleines Knöchelchen, Os lenticulare Sylvii.

Die Tuba Eustachii

a) vermittelt den Luftaustausch zwischen Paukenhöhle und Rachenluft (= atmosphärische Luft), so dass der auf beiden Seiten des Trommelfells herrschende Luftdruck der gleiche ist.

b) leitet das Sekret der Paukenhöhle in den Rachen ab.

Die Tuba ist für gewöhnlich geschlossen, wird beim Schlingen geöffnet durch den M. spheno-salpingo-staphylinus (= M. tensor veli palat. = M. abductor tubae, = M. dilatator tubae, entspringt von der Fossa scaphoidea des Keilbeins, von der Wand der Tuba, verläuft um den Hamulus pterygoideus herum zum weichen und harten Gaumen).

Dass die Tuba den Druck in der Paukenhöhle reguliert, beweisen die Versuche von Valsalva:

α) Positiver Versuch des Valsalva:
Mund und Nasenlöcher geschlossen, Exspiration + Schlingbewegung, dadurch Luft in die Paukenhöhle hineingepresst, Trommelfell nach aussen gedrängt, Knacken der Gehörknöchelchen.

β) Negativer Versuch des Valsalva:
Mund u. Nasenlöcher geschlossen, Inspiration + Schlingbewegung, Luft aus der Paukenhöhle nach der Rachenhöhle angesogen, Trommelfell in die Paukenhöhle hineingetrieben, Knacken der Gehörknöchelchen.

B) Warzenfortsatz, Cellulae mastoideae
= pneumatischer Raum = unregelmässige lufthaltige Räume, gehören zur Paukenhöhle.

Inneres Ohr

= knöcherne Canäle; der Knochen überall von Periost überzogen. Innerhalb des knöchernen Canales ein häutiger Canal. Zwischen Periost und Wand des häutigen Canals Flüssigkeit = Perilymphe. Auch innerhalb des häutigen Canals Flüssigkeit = Endolymphe. Der Raum zwischen Periost und Wand des häutigen Canales = Perilymphatischer Raum (enthält oft netzförmige Bindegewebsbälkchen). Der häutige Canal = Endolymphatischer Raum, enthält das Gehörorgan. Sämtliche perilymphatischen Räume stehen unter einander in Verbindung, desgleichen die endolymphatischen.

Diese Anordnung der Canäle findet sich überall im inneren Ohr, am einfachsten in den 3 Canales semicirculares.

Die 3 Canales semicirculares, Bogengänge, gehen vom Vestibulum aus und kehren in einem Bogen zu ihm zurück; die Länge eines jeden beträgt im Mittel 15—20 mm, ihr Durchmesser 1—2 mm. Sie liegen in 3 Ebenen: horizontal, frontal, sagittal.

Der Nerv (N. acusticus) tritt durch Knochen, Periost, Perilymphatischen Raum, Wand des häutigen Canales zu dem innerhalb des häutigen Canales vorhandenen Epithel. Dasselbe ist im allgemeinen polygonal, aber da, wo es mit Nervenfasern in Verbindung steht, cylindrisch und an der freien Fläche mit Härchen versehen.

Solche Zellen mit Härchen = Hörzellen, Hörepithel.

Werden Wellen innerhalb der Flüssigkeit erregt, so werden die Härchen bewegt.

Vestibulum.

Auch im Vestibulum perilymphatische und endolymphatische Räume. Das knöcherne Vestibulum zerfällt durch eine niedrige Knochenleiste (Crista vestibuli) der innneren Wand in 2 Abteilungen, eine vordere mehr rundliche, Recessus hemisphaericus, und eine hintere, mehr länglich-ovale, Recessus hemiellipticus (von dem die Bogengänge ausgehen). Die diesen beiden entsprechenden endolymphatischen Räume heissen Sacculus und Utriculus. Während Recessus hemisphaericus und Recessus hemiellipticus nur unvollkommen geschiedene Räume darstellen, sind Sacculus und Utriculus vollständig von einander membranös getrennt und stehen nur auf einem Umweg mit einander in Verbindung. Von dem Sacculus aus geht nämlich in den Aquaeductus vestibuli (= Knochencanal vom Vestibulum zur Schädelhöhle) hinein ein Canal (= Ductus endolymphaticus), durchsetzt den Knochen und endet unter der Dura blindsackförmig als Saccus endolymphaticus. In diesen Ductus endolymphaticus entsendet auch der Utriculus einen Canal (Canalis utriculo-saccularis), und so stehen also Sacculus und Utriculus (auf dem Umwege des Duct. endolymphaticus) mit einander in Verbindung.

Die perilymphatischen Räume des Vestibulum sind etwas

unregelmässig. An der inneren (medialen) Wand ist der perilymphatische Raum sehr eng, da dort der N. vestibuli (= Ast des N. acusticus) aus dem Knochen heraus (= Maculae cribrosae) durch den perilymphatischen Raum hindurch zu dem Epithel des endolymphatischen Raumes tritt. An der lateralen vorderen Wand des Vestibulum findet sich eine grössere Anhäufung von Perilymphe = Cisterna perilymphatica vestibuli.

Das Sacculus und Utriculus auskleidende Epithel ist polygonal, nur da, wo der Hörnerv an dasselbe herantritt (= Maculae acusticae), cylindrisch, man unterscheidet:

α) Fadenzellen, cylindrisch, langgestreckt, oberes (freies) Ende leicht verbreitert. Kern, rundlich elliptisch, liegt nahe der Basis.

β) Haarzellen, cylindrisch, kürzer und breiter. Kern gross, kuglig. Schmaler freier Rand. Von der freien Oberfläche erheben sich Haare (20—25 μ) lang.

Auf den Haarzellen liegt die sogenannte Otolithenmembran = a) weiche, schleimige Grundlage, + b) Krystalle von kohlensaurem Kalk, Hörsteinchen, Otolithen 1—15 μ gross.

Schnecke.

Schnecke = langer Canal, 33 mm lang, aufgewunden zu $2\,^1/_2$ Windungen (in der Sagittalebene); der Anfang ist locker gewunden, 2. und 3. halbe Windung sehr eng. Der Durchschnitt durch eine Schneckenwindung ist rund; man unterscheidet eine innere und äussere, eine obere und untere Wand. Von der inneren Wand springt eine Knochenleiste bis etwa in die Mitte vor und endet dort frei, diese Knochenleiste erstreckt sich durch die ganze Schnecke = Lamina spiralis ossea. Von dem freien Rande der Lamina spiralis ossea zieht eine Membran (= Lamina basilaris) zur gegenüberliegenden (äusseren) Wand, so dass der ganze Schneckenkanal in eine obere und eine untere Hälfte zerfällt. Die untere*) Hälfte = Scala tympani.

---

*) Natürlich wechselt oben und unten je nach der Windung; an dieser Stelle ist der Anfangsteil der ersten Windung gemeint.

Die obere Hälfte ist noch einmal geteilt, indem von dem freien Ende der Lamina spiralis ossea schräg nach aussen oben eine Membran, Membrana Reissneri, zieht, so dass von dem oberen Halbkreis ein dreieckiger Raum abgemarkt wird = Canalis sive Ductus cochlearis. Der noch übrige Teil des oberen Halbkreises = Scala vestibuli.

Scala tympani + Scala vestibuli = perilymphatische Räume.

Canalis cochlearis = endolymphatischer Raum. Scala vestibuli steht in direkter Verbindung mit der Cisterna perilymphatica vestibuli. Can. cochlearis steht durch einen dünnen Canal (Canalis reuniens, 1 mm lang, 0,5 mm Durchmesser) in direktem Zusammenhang mit dem Sacculus und endet in der Spitze der Schnecke blindsackförmig = Kuppelblindsack.

Scala vestibuli und Scala tympani stehen in der Schneckenkuppel mit einander in offner Verbindung durch eine Oeffnung, das Helicotrema (ἕλιξ Schnecke, τρῆμα Loch).

Scala tympani steht mit dem Vestibulum in keiner Verbindung, sondern hat ein sich nach der Paukenhöhle öffnendes, nur durch eine Membran (= Membrana tympani secundaria) verschlossenes Ostium = Fenestra rotunda (= Communication zwischen Anfangsteil der Schnecke, d. h. der Scala tympani und Paukenhöhle). So kann also das Wasser der Schnecke gegen das lufthaltende Mittelohr ausweichen, indem sich die Membran vorwölbt.

Anfang und Ende der 3 in der Schnecke verlaufenden Canäle sind also wie folgt:

1) Can. cochlearis
   Anfang: Canal. reuniens (Sacculus).
   Ende: Kuppelblindsack.

2) Scala vestibuli
   Anfang: Cisterna perilymphatica vestibuli.
   Ende: Helicotrema.

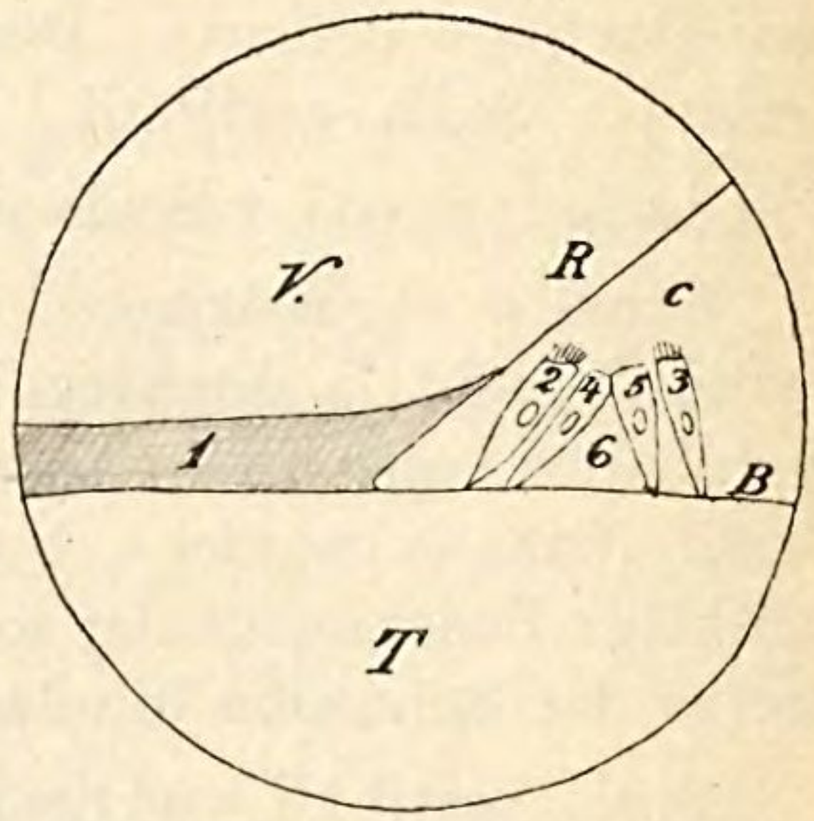
3) Scala tympani
   Anfang: Helicotrema.
   Ende: Fenestra rotunda.

Der Can. cochlearis (= endolymphatischer Raum) ist mit Epithel ausgekleidet; doch dieses Epithel sehr modificiert = Cortisches Organ.

Das Cortische Organ (Papilla spiralis genannt) ruht auf der Membrana basilaris; seine verschiedenen Theile sind:

1) Die Cortischen Bögen, Pfeiler = eigentümlich geformte starre Gebilde, stehen in 2 Reihen in der ganzen Länge des Can. cochlearis auf der Membrana basilaris. Die innere Reihe = Innenpfeiler, die äussere Reihe = Aussenpfeiler. Je 2 entsprechende Pfeiler (ein Aussenpfeiler und ein Innenpfeiler) sind schräg gegen einander geneigt und bilden einen Bogen, Arcus spiralis, der nicht genau auf der Mitte der Lamina basilaris steht, sondern ihrem medialen Teil etwas genähert ist.

Fig. 59.



T Scala tympani.
V Scala vestibuli.
R Reissner'sche Membran.
B Membrana basilaris.
c Canalis cochlearis.
4, 5 Cortische Bögen.
2, 3 Haarzellen.
6 Cortischer Tunnel.
1 Lamina spiralis ossea.

Zwischen den beiden Pfeilern und der Membrana basilaris ein dreiseitiger Raum = Cortischer Tunnel = grosser Intercellularraum, enthält nur eine weiche Intercellularsubstanz.

Der Pfeiler = modificierte epitheliale (cylindrische) Zelle; daher sagt man auch innere Pfeilerzelle, äussere Pfeilerzelle.

Gesamtzahl der Pfeiler 4000—6000.

2) Haarzellen, Stäbchenzellen = Hörzellen, cylindrisch, haben an ihrer Oberfläche feine Stäbchen, Stiftchen, Härchen, ca. 20 auf der Oberfläche einer Zelle:

α) Innere Haarzellen, auch innere Stäbchenzellen genannt, liegen nach Innen von den Innenpfeilern, parallel mit diesen und durch diese gestützt. Die ganze Schnecke enthält 2000—3000 innere Stäbchenzellen, so dass immer eine innere Stäbchenzelle in der Rinne zwischen 2 Innenpfeilern ruht.

In Bezug auf die übrigen Zellen (innere Stützzellen genannt), welche ausser den inneren Stäbchenzellen nach innen von den Innenpfeilern innerhalb des Can. cochlearis liegen, steht Bestimmtes nicht fest.

β) Aeussere Haarzellen, äussere Stäbchenzellen, auch Cortische Zellen genannt, liegen nach aussen von den Aussenpfeilern, sind viel zahlreicher als die inneren Stäbchenzellen und stehen in mehrfachen (meist 4) Reihen.

I) Zwischen den äusseren Haarzellen liegen Stützzellen, sogenannte interstitielle Stützzellen = Deiters'sche Zellen = lang-

gestreckte Zellen (ähnlich den Pfeilerzellen), senden an ihrem freien Ende einen langen dünnen Fortsatz aus, welcher eine Platte trägt. Zwischen den Deitersschen und den Cortischen Zellen Intercellularräume, mit Intercellularsubstanz angefüllt.

II) Nach aussen von den äusseren Haarzellen liegen die sogenannten äusseren Stützzellen = Hensensche und Claudiussche Zellen.

Die Intercellularräume des Cortischen Organes sind gegen die Endolymphe vollständig abgeschlossen.

3) 2 Membranen

A) Membrana reticularis, keine eigentliche Membran, sondern = Cuticularsaum der Haarzellen + Endplättchen der Deitersschen Zellen.

Ueber diese M. reticularis ragen die Härchen der Härchenzellen überall hervor.

B) M. tectoria = Membrana Corti = weiche elastische Membran, liegt den Härchen auf (vielleicht = Dämpfungs-Vorrichtung.

Der N. cochleae (= Ast des N. acusticus) verläuft durch die Lamina spiralis ossea hindurch zum Cortischen Organ; kurz bevor er in dasselbe eintritt, passiert er ein Ganglion (= Ganglion spirale, da es sich im ganzen Verlauf der Lamina spiralis ossea vorfindet). Wie der Hörnerv im einzelnen endet, steht noch nicht fest; jedenfalls sind aber hauptsächlich die Haarzellen seine Endapparate. Die Haare der Zellen (= Zona pectinata) werden durch die Wellen der Endolymphe bewegt und so die Gehörsempfindung ausgelöst.

Wird also durch den Fuss des Steigbügels von der Fenestra ovalis aus eine Welle im Wasser des inneren Ohres erregt, so wird sowohl Perilymphe als auch Endolymphe in Erschütterung versetzt. Die Welle pflanzt sich durch das Vestibulum sowohl nach hinten in die halbzirkelförmigen Canäle als auch nach vorn in die Schnecke fort; in der letzteren läuft die Welle durch die Scala vestibuli zum Helicotrema, tritt durch dasselbe in die Scala tympani über, läuft wieder abwärts und buchtet die Membrana tympani secundaria (Fenestra rotunda) in die Paukenhöhle aus. Da Perilymphe und Endolymphe nur durch eine dünne Membran getrennt sind, so teilen sich die Wellen der Perilymphe auch der Endolymphe mit und umgekehrt.

Durch die Wellen der Endolymphe werden die Endigungen der Hörnerven erregt.

Gehörempfindungen.

Erfolgen Töne auf einander, so werden sie noch isoliert wahrgenommen, wenn die zwischen ihnen gelegene Zeit mindestens 0,1 Sek. beträgt.

Feinheit des Ohres = Fähigkeit des Unterscheidungsvermögens zweier Töne von annähernd gleicher Schwingungszahl. Musiker unterscheiden noch Töne, die nur um $^1/_{1000}$ der Schwingungszahl differieren (d. h. z. B. 2 Töne von 1000 und 999 Schwingungen).

Grenzen der Hörfähigkeit:

Tiefster Ton, den wir hören, ca. 30 Schwingungen in 1 Sek.

Höchster Ton, der zum Bewusstsein kommt, 40 000 Schwingungen in 1 Sek.

Umfang der Hörfähigkeit also = $11^1/_2$ Octaven.

Die Musik bewegt sich zwischen 40 und 4000 Schwingungen.

Wird das Ohr durch irgend einen Ton oder eine Tongruppe sehr angestrengt, so erfolgt eine nur wenige Sekunden anhaltende Ermüdung.

Mittelohr und äusseres Ohr dienen nur der Leitung des Schalles und können in dieser Eigenschaft auch durch die gut leitenden Kopfknochen ersetzt werden.

Versuch von Schellhammer: Hält man eine Uhr zwischen die geöffneten Zähne, so hört man das Ticken nur undeutlich; im Augenblick jedoch, wo die Uhr einen Zahn berührt, wird das Ticken sehr deutlich.

Das Gehörcentrum liegt beiderseits im Schläfenlappen; die dort entspringenden Fasern verlaufen durch hinteren Teil der Capsula int., Vierhügel, Corp. geniculat. int., Pedunculus cerebri, Pons zum Kern des Acusticus (liegt am Boden des IV. Ventrikels). Die Hörfasern beider Seiten kreuzen sich.

Eine besondere Function wird noch den halbcirkelförmigen Kanälen zugeschrieben. Da sie in den 3 Ebenen des Raumes liegen, so sollen sie Organe eines sogenannten Gleichgewichtssinnes sein und die zur Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichtes notwendigen Bewegungen vermitteln.

XX. Gesichtssinn

(= Sehorgan; Physiologische Optik).

Auge = Sehorgan.

Der adaequate Reiz*) für das Sehorgan ist das Licht.

Physikalische Bemerkungen.

Licht = schwingende Bewegung (Transversal-Wellen) des Aethers [der ganze Raum wird mit einem unendlich feinen elastischen Fluidum, dem Aether, gefüllt gedacht].

Man unterscheidet:

a) Selbstleuchtende Körper = Lichtquellen, erzeugen Licht durch Verbrennungsprocesse (z. B. Sonne).

b) Nicht leuchtende Körper.

Das Licht breitet sich von einer Lichtquelle aus gradlinig nach allen Richtungen aus mit einer Geschwindigkeit von 40 000 Meilen in 1 Sek. Messung der Lichtstärke (Lichtintensität): Man vergleicht die Beleuchtung einer Fläche durch zwei verschiedene Lichter.

Apparate zur Messung der Lichtstärke = Photometer. Trifft das Licht einen nicht leuchtenden Körper, so sind 4 Fälle möglich:

A) Das Licht tritt in den Körper hinein und durch diesen hindurch, der Körper ist durchsichtig.

Glas, Glaskörper, Linse, Cornea, Humor aqueus.

B) Das Licht tritt nicht durch den Körper hindurch, der Körper ist undurchsichtig.

Holz, Iris, Choroides.

Zwischen A) und B) nur gradueller Unterschied, abhängig von der Dicke des betreffenden Körpers. Zwischen A) und B) stehen die durchscheinenden Körper: Papier, Sklerotika.

C) Das Licht wird zurückgeworfen (dadurch wird der Körper sichtbar).

I) Das Licht wird nach allen Richtungen hin unregelmässig zurückgeworfen = zerstreut.

II) Das Licht wird in einer bestimmten Richtung (d. h. regelmässig) zurückgeworfen = Reflexion.**)

---

*) Siehe Anfang des Gehörssinnes (Abschnitt XIX).

**) Es erscheint hinter der zurückwerfenden Fläche ein Bild der Lichtquelle.

Gesetz der Reflexion

(Das im Punkte, wo der einfallende Strahl die Fläche trifft, errichtete Lot = Eintallslot; der Winkel zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot = Einfallswinkel; der Winkel zwischen ausfallendem, d. h. reflectiertem Strahl und Einfallslot = Ausfallswinkel, Reflexionswinkel).

Einfallender Strahl, Einfallslot, ausfallender Strahl liegen in derselben Ebene; der Einfallswinkel ist = dem Ausfallswinkel.

Ein kugelförmiger Concavspiegel (Radius der Kugel = Krümmungsradius) vereinigt parallel auffallende Strahlen in einem vor dem Spiegel gelegenen (wirklich vorhandenen, d. h. reellen) Brennpunkt (Fig. 61); ein Concavspiegel zerstreut

Fig. 60.

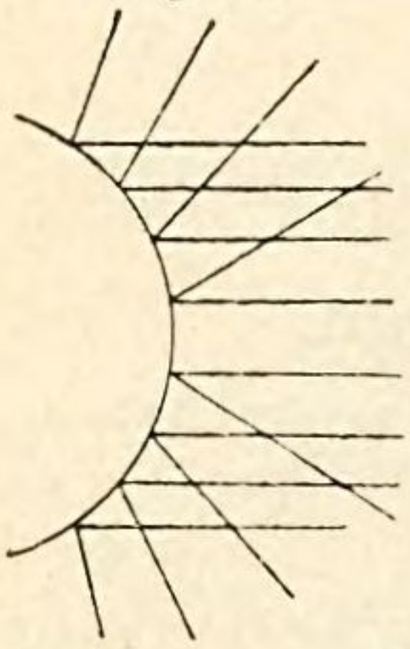


Fig. 62.

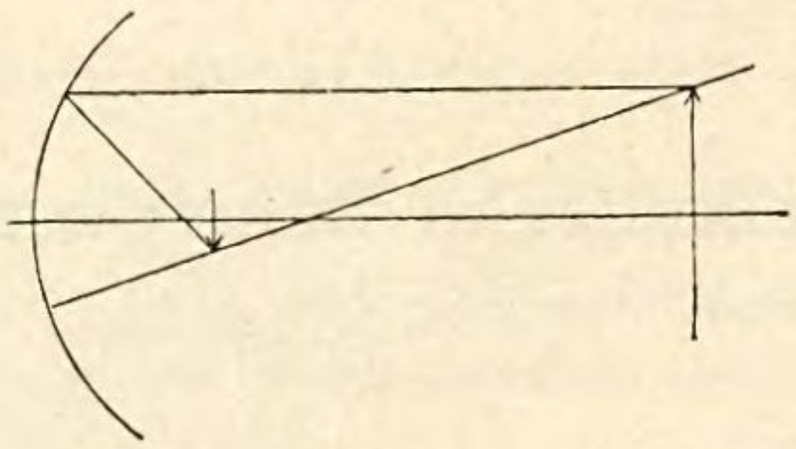
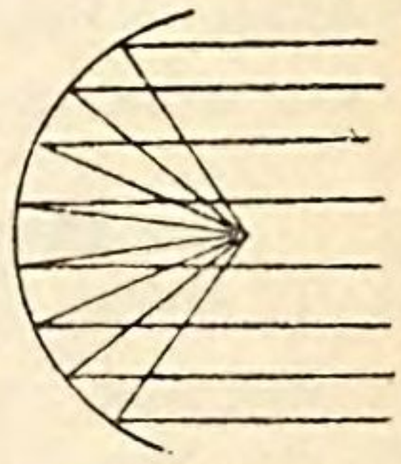


Fig. 61.



parallel auffallende Strahlen so, als ob sie von einem hinter dem Spiegel gelegenen (in Wirklichkeit aber nicht vorhandenen, d. h. virtuellen) Brennpunkt herkämen (Fig. 60). Ein Concavspiegel entwirft von Gegenständen umgekehrte, verkleinerte, vor dem Spiegel gelegene (reelle) Bilder (Fig. 62); ein Convexspiegel entwirft aufrechte verkleinerte, scheinbar hinter dem Spiegel gelegene (virtuelle) Bilder.

Ist die Grösse des Gegenstandes und der Krümmungsradius gegeben, so ist die Grösse des Bildes leicht zu berechnen; umgekehrt ist aus der bekannten Grösse des Gegenstandes und des Bildes der Krümmungsradius leicht zu bestimmen (siehe nachher Ophthalmometer = Instrument zur Bestimmung der Grösse des Bildes, welches der Concav- resp. Convexspiegel von einem Object bekannter Grösse entwirft; alsdann wird der Krümmungsradius gefunden).

α) Vordere Fläche der Cornea = Convexspiegel, entwirft von einem Gegenstand ein aufrechtes verkleinertes Bild.

β) Vordere Fläche der Linse = Convexspiegel, entwirft von einem Gegenstand ein aufrechtes verkleinertes Bild.

γ) Hintere Fläche der Linse = Concavspiegel, entwirft von einem Gegenstand ein umgekehrtes verkleinertes Bild.

$\alpha + \beta + \gamma =$ die sogenannten **Sansonschen Bildchen.**

D) Das Licht wird im Innern der Körper ganz oder teilweise absorbiert (verschluckt). Körper, welche das Licht ganz absorbieren, also kein Licht zurückwerfen, erscheinen schwarz (Iris, Choroides).

Gewöhnlich hat nicht einer von den 4 Fällen (A, B, C, D) allein statt, sondern alle zugleich nur in verschiedenem Grade.

Tritt Licht von einem Medium (z. B. Luft) in ein zweites (z. B. Wasser), so erleidet es an der Trennungsfläche der beiden Medien eine Richtungsänderung

= Brechung, Ablenkung, Refraction.*) Man unterscheidet einfallenden und gebrochenen Strahl. Das auf der Trennungsfläche der beiden Medien an der Stelle der Richtungsänderung des Lichtstrahles errichtete Lot = Einfallslot. Der Winkel zwischen Einfallslot und einfallendem Strahl = Einfallswinkel, der Winkel zwischen Einfallslot und gebrochenem Strahl = Brechungswinkel.

$$\frac{\text{Sinus des Einfallswinkels}}{\text{Sinus des Brechungswinkels}} = \text{Brechungsexponent.}$$

Brechungsgesetz (Snellius-Descartes'sches Gesetz): einfallender Strahl, Einfallslot, gebrochener Strahl liegen in derselben Ebene; für ein und dasselbe Paar von Substanzen ist der Brechungsexponent eine constante Grösse. Dabei ist es gleichgiltig, ob die brechende Fläche eben oder gekrümmt ist.

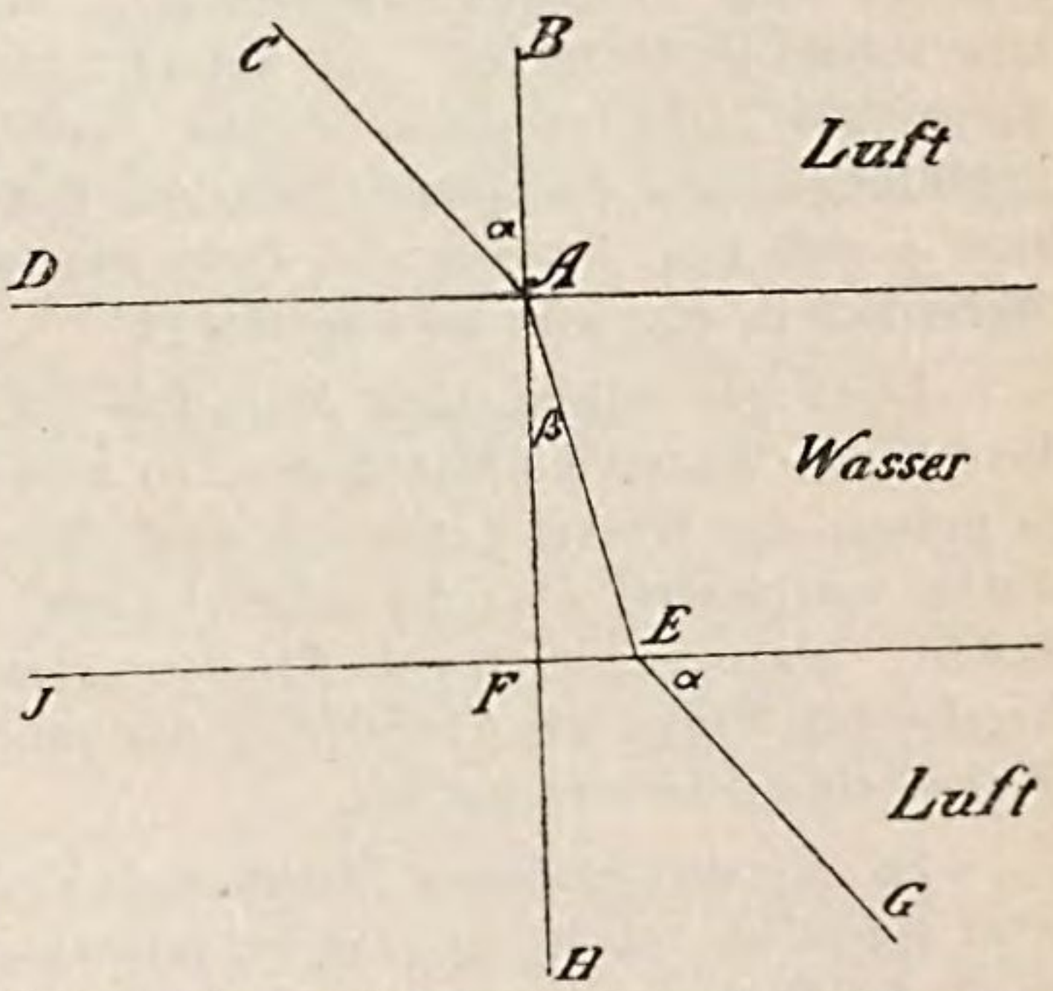
Absoluter Brechungsexponent einer Substanz = Brechungsexponent aus dem leeren Raum in diese Substanz.

Relativer Brechungsexponent = Brechungsexponent zwischen zwei Medien.

Ist der relative Brechungsexponent zwischen einem Mittel und einem zweiten grösser wie 1, so ist das zweite Mittel = optisch dichter.

Tritt das Licht durch ein von 2 parallelen Flächen begrenztes Mittel (z. B. Glasplatte, Cornea) hindurch (Fig. 63), so wird es nicht aus seiner Richtung abgelenkt, sondern nur parallel mit sich selber verschoben (siehe Ophthalmometer). Ist diese Verschiebung sehr gering (d. h. ist die Platte, durch welche der Lichtstrahl hindurch tritt, sehr dünn), so kann sie vernachlässigt werden.

Fig. 63.



Tritt aber Licht durch ein Mittel, welches von zwei unter einem Winkel sich schneidenden Flächen begrenzt wird (= Prisma), so erfährt es eine Ablenkung (der Winkel zwischen den beiden Flächen des Prisma = brechender Winkel des Prisma).

Lässt man weisses Licht (z B. Sonnenlicht) durch ein Prisma gehen, so wird es sowohl abgelenkt (gebrochen) als auch zerstreut. Statt des weissen Lichtes erscheint ein Farbenstreifen (rot-orange-gelb-grün-blau-violett**)) = Spektrum. Die einzelnen farbigen Strahlen des Spektrums sind nicht weiter zerlegbar, also = einfache (homogene) Strahlen, enthalten nur eine Lichtqualität; das weisse Licht = Vereinigung sämtlicher Farben.

Die Verschiedenheit der Farben entsteht durch die verschiedene Wellenlänge

---

*) Dioptrik = Lehre von der Brechung.

**) Die einzelnen Farben gehen in einander über. Jenseits der roten und den violetten Strahlen liegen auch noch Strahlen (ultrarot, ultraviolett), die nur durch besondere Hülfsmittel zur Anschauung gebracht werden können.

und Schwingungsdauer der dieselben erzeugenden Aetherwellen (ähnlich den verschiedenen Tönen). Im luftleeren Raum werden alle Lichtwellen mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt, in lichtbrechenden Medien wird die Geschwindigkeit der kürzeren Wellen mehr verzögert als die der längeren; so wird Licht von verschiedener Farbe durch dasselbe Medium verschieden stark gebrochen (abgelenkt), weisses Licht daher in die verschiedenen Farben zerlegt. Strahlen von gleicher Brechbarkeit haben gleiche Farbe.

Für den luftleeren Raum hat sich ergeben:

	Wellenlänge	Schwingungszahl (in 1 Sek.)
Rot	0,000768 mm	395 Billionen
Gelb	0,000589 mm	509 „
Blau	0,000486 mm	616 „
Violett	0,000397 mm	756 „

$\frac{395}{756}$ = ca. $\frac{1}{2}$ = Octavenintervall. Sichtbares Spektrum etwa = 1 Octave.

Nimmt man z. B. Rot aus dem Spektrum fort, so ist die Summe aller übrigen = blassgrün. Durch die Unterdrückung einer bestimmten Farbe (z. B. rot) wird also das übrig bleibende Sammelbild (= Mischfarbe) nicht mehr weiss, sondern eine andere Farbe (grün). Die unterdrückte Farbe (rot) + das übrig bleibende Sammelbild (grün) = weiss. Solche Farben, welche sich zu weiss ergänzen = Ergänzungsfarben, Complementärfarben, Contrastfarben; solche sind: rot + grün; blau + gelb etc. Jede einzelne Farbe des Spektrums ist gesättigt; mischt man ihr Weiss bei, so erscheint sie ungesättigt.

Lässt man weisses Licht durch Prismen derselben Substanz von verschiedenem brechenden Winkel hindurchtreten, so wird das erzeugte Spektrum um so länger, je grösser der Winkel genommen wird, dementsprechend wird auch jede einzelne Farbe vergrössert; aber die relative Lage der einzelnen Farben wird nicht geändert. Dagegen wird bei Prismen verschiedener Substanzen mit gleichem brechenden Winkel die Ausdehnung des ganzen Spektrums und auch der einzelnen Farben eine sehr verschiedene.

Da die verschiedenen Farben verschiedene Brechbarkeit besitzen, so muss man eigentlich bei der Angabe des Brechungsexponenten einer Substanz zugleich auch die bestimmte Gattung von Lichtstrahlen (rot, gelb etc.) angeben, für die die Zahl gilt. Gewöhnlich nennt man aber als Maass der Brechung einer Substanz (= mittleres Brechungsvermögen) den Brechungsexponenten der mittleren, gelben Strahlen.

Die durch ein Prisma erzeugte Zerstreuung der Farben = Dispersion.

Der Brechungsexponent der äussersten roten Strahlen sei = n_r

„ „ „ „ violetten „ „ = n_v

$n_v - n_r$ = Maass der durch ein Prisma einer bestimmten Substanz erzeugten Dispersion. Je grösser die Differenz $n_v - n_r$, um so grösser wird auch die Differenz der Ablenkungen der roten und der violetten Strahlen (um so grösser auch die Länge des Spektrums).

Es sind wohl zu unterscheiden:

a) Der mittlere Brechungsexponent einer Substanz = Brechungsexponent der mittleren (gelben) Strahlen.

b) Die durch die Substanz erzeugte Dispersion (Farbenzerstreuung).

Der mittlere Brechungsexponent zweier Substanzen kann der gleiche sein bei sehr ungleichem Dispersionsvermögen und umgekehrt; oder anders ausgedrückt: Bei gleicher Ablenkung (Brechung) der mittleren Strahlen kann die Länge der Spektra sehr verschieden, bei gleicher Länge der Spektra die Ablenkung sehr verschieden sein.

Ist die Farbenzerstreuung einer Substanz sehr gering, so entsteht von einem weissen Object ein weisses Bild mit farbigen (roten, violetten) Rändern, da im Centrum alle Farben zusammenfallen.

Das Licht erleidet nicht nur in Prismen, sondern auch in allen andern brechenden Körpern (z. B. Linsen etc.), sofern sie nicht von 2 parallelen Flächen begrenzt werden, eine Farbenzerstreuung (Dispersion) = chromatische Abweichung, chromatische Aberration, Chromasie. Da so von weissen Objecten farbige Bilder entworfen werden, ist diese Farbenzerstreuung bei optischen Instrumenten sehr störend. Es gelingt, die chromatische Abweichung zu vermeiden, wenn man zwei Substanzen von gleichem mittleren Brechungsvermögen und sehr ungleichem Dispersionsvermögen combiniert (z. B. Flintglas und Crownglas. Eine solche Combination ist achromatisch, liefert von einem weissen Objecte ein weisses Bild; denn die eine Substanz zerstreut sehr stark, die andere zerstreut viel weniger, sammelt also wieder). Das menschliche Auge ist nicht achromatisch, liefert vielmehr bei genauer Beobachtung von weissen Objecten weisse Bilder mit farbigen Rändern.

Die Körper erscheinen stets in anderer Farbe als in der des auffallenden Lichtes; die auffallenden Lichtstrahlen werden in verschiedenen Graden absorbiert resp. reflectiert; die zurückgeworfenen Lichtstrahlen = Mischfarbe = Farbe des Körpers.

Fluorescenz. Der Körper sendet Strahlen einer anderen Farbe (meist einer Farbe geringerer Brechbarkeit) aus als in dem auffallenden Lichte enthalten sind; z. B. Chininlösung farblos, von Sonnenstrahlen beleuchtet, bläulich.

Alle Augenmedien zeigen in geringem Grade Fluorescenz, am meisten die Linse, am wenigsten der Glaskörper.

Polarisation. Wenn man unter gewissen Bedingungen einen Lichtstrahl um seine Fortpflanzungsrichtung als Axe dreht, so erleidet er eine bestimmte Modification (= Polarisation). Das polarisirte Licht verhält sich nicht rings um die Fortpflanzungsrichtung gleich.

a) Gewöhnlicher, natürlicher, nicht polarisierter Lichtstrahl.

Die Aetherschwingungen geschehen nach allen Richtungen hin (natürlich stets senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahles) ohne Unterschied.

b) Polarisierter Lichtstrahl.

Sämtliche Schwingungen gehen in einer Ebene (= Polarisationsebene) vor sich.

Zahlreiche Körper haben die Eigenschaft, die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen, z. B. Traubenzuckerlösung. Für Lösungen bestimmter Substanzen ist die Drehung der Polarisationsebene dem Gehalt der Lösung an der Substanz proportional; man kann aus der beobachteten Drehung den Gehalt der Lösung an dieser Substanz ableiten.

Besonders wichtig die Traubenzuckerbestimmung = Saccharimetrie.

Jeder Körper, welcher Licht polarisiert, ermöglicht auch die Erkennung polarisierten Lichtes. Auch die Augenmedien besitzen in geringem Grade polarisierende Eigenschaft, und es ist daher möglich, mit blossem Auge polarisiertes Licht zu erkennen.

Chemische Wirkung des Lichtes. Eine Reihe von Körpern erleiden durch die Einwirkung des Lichtes eine bleibende Aenderung ihrer chemischen Zusammensetzung, z. B. Silbersalze (Photographie).

Die Pflanzen bedürfen des Lichtes für ihren Stoffwechsel.

Brechung des Lichtes durch kugelförmige Flächen. Das Licht tritt von einem Medium in ein zweites; die Grenzfläche der beiden Medien = Teil einer Kugelfläche, der Radius der Kugel = Krümmungsradius. (Je grösser der Krümmungsradius, desto geringer die Krümmung der Fläche).

Bei allen optischen Instrumenten, auch beim menschlichen Auge, sind mehrere brechende Flächen hinter einander vorhanden; also geht das Licht durch mehrere brechende Flächen hindurch*) = System brechender Flächen = optisches System.

Gewöhnlich handelt es sich, wie beim Auge, um centrierte Systeme von Kugelflächen:

Eine grade Linie = Axe des Systems = optische Axe = Hauptaxe, beim Auge Augenaxe genannt. Die Mittelpunkte aller der kugelförmigen Flächen liegen auf der Systemaxe.

Das Auge enthält nur Medien, die stärker brechen als die Luft; von aussen in das Auge tretende Strahlen verlaufen also aus einem dünneren Medium in ein dichteres. Dabei kommt es nicht darauf an, den Gang des Lichtstrahles innerhalb der einzelnen Medien des Systems (des Auges) zu verfolgen, sondern wenn die Richtung des Strahles im ersten Medium (Luft) gegeben ist, muss man vor allem ermitteln, wie der Strahl im letzten Medium (Glaskörper) verläuft.**)

Die Lösung dieser Aufgabe wird vereinfacht durch die Einführung gewisser Punkte (der sogenannten optischen Cardinalpunkte), welche nach Kenntnis der Krümmungsradien,

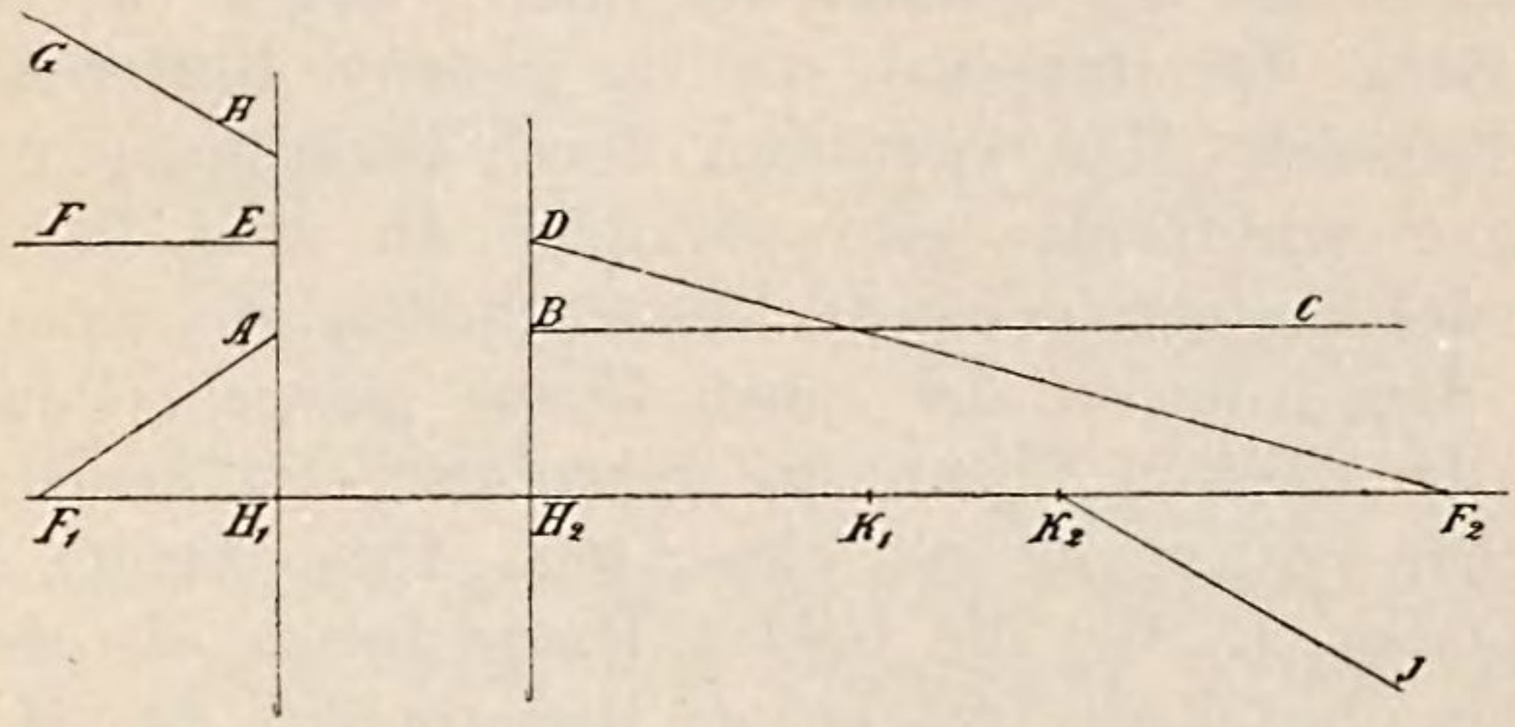
---

*) Innerhalb der einzelnen Medien verläuft der Lichtstrahl gradlinig: an der Grenzfläche je zweier Medien erleidet er jedoch eine Richtungsänderung.

**) Jeder im Glaskörper verlaufende Strahl gerät auf die Retina. Wenn die Richtung des Strahles im Glaskörper bekannt ist, weiss man also auch, auf welche Stelle der Retina der Strahl fällt.

der Brechnungsindices und der Entfernungen der brechenden Flächen von einander in jedem System gefunden werden können.

Fig. 64.



K_1, K_2 Knotenpunkte.
H_1, H_2 Hauptpunkte.
F_1, F_2 Brennpunkte.

F_1 F_2 = Axe des Systems.

Optische Cardinalpunkte:

I) **Knotenpunkte** (K_1, K_2).

Fällt ein Strahlenbündel vom ersten Medium aus durch das System hindurch, so ist im letzten Medium jedenfalls unter den gebrochenen Strahlen ein Strahl vorhanden, welcher einem Strahl des einfallenden Strahlenbündels parallel ist. Diese beide parallelen Strahlen (G H, K_2 J) schneiden die Systemaxe in zwei Punkten = Knotenpunkte (erster, zweiter Knotenpunkt). Die Knotenpunkte sind also dadurch charakterisirt, dass jeder im ersten Medium nach dem ersten Knotenpunkt gerichtete Strahl im letzten Medium parallel mit sich selbst durch den zweiten Knotenpunkt verläuft.

II) **Hauptbrennpunkte** (F_1, F_2).

Alle im ersten Medium parallel der Systemaxe verlaufenden Strahlen vereinigen sich im letzten Medium in einem auf der Systemaxe gelegenen Punkte, dem zweiten Hauptbrennpunkt (F_2). Alle im letzten Medium parallel der Systemaxe verlaufenden Strahlen vereinigen sich im ersten Medium in einem auf der Systemaxe gelegenen Punkt, dem ersten Hauptbrennpunkt (F_1).

III) **Hauptpunkte** (H_1, H_2).

Jeder Punkt des Systems hat an irgend einer andern bestimmten Stelle des Systems ein Bild, welches sich an derselben Seite der Hauptaxe und in gleicher Entfernung von dieser befindet. Man kann nun durch Berechnung zwei zur Systemaxe senkrechte (also parallele) an zwei bestimmten Stellen des Systems gelegene Ebenen finden, die sich so verhalten, dass jeder in der einen Ebene gelegene Punkt sein Bild in der zweiten Ebene auf derselben Seite der Hauptaxe in gleicher Entfernung von dieser hat. Diese beiden Ebenen = Hauptebenen. Wo die beiden Hauptebenen die Hauptaxe schneiden, dort liegen die beiden Hauptpunkte (H_1, H_2).

Mit Hülfe dieser optischen Cardinalpunkte kann man den Gang von Lichtstrahlen durch ein System sehr leicht verfolgen.

Linsen = von zwei krummen Flächen begrenztes brechendes Medium. Linsen von kugelförmigen Flächen begrenzt = sphärische Linsen (= gewöhnliche Linsen).

Es giebt verschiedene Arten von Linsen:

Biconvexe Linsen: beide Flächen sind convex. Der Krümmungsradius beider Flächen ist gleich oder ungleich.

Linse des menschlichen Auges = biconvexe Linse; Verhältnis des Krümmungsradius der vorderen Fläche zu dem der hinteren = 3 : 2.

Biconcave Linsen: beide Flächen sind concav.

Planconcave Linsen: die eine Fläche ist eben, die andere concav.

Planconvexe Linsen: die eine Fläche ist eben, die andere convex.

Concav-convexe Linsen: die eine Fläche concav, die andere convex; der Radius der concaven Fläche ist grösser als der der convexen.

Convex-concave Linsen: umgekehrt.

Biconvexe, Planconvexe, concavconvexe Linsen machen die hindurchtretenden Strahlen convergent = Sammellinsen.*)

---

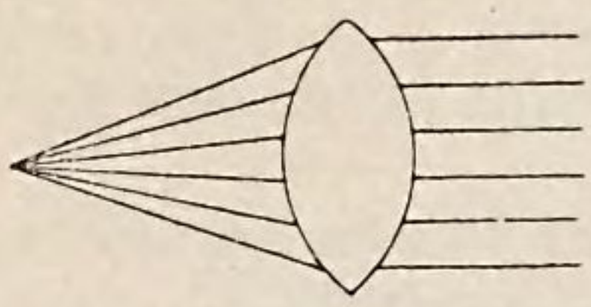
*) Befindet sich vor einer Sammellinse an irgend einer Stelle ein leuchtender Punkt (Objectpunkt), so fällt von diesem ein divergierendes Strahlenbüschel auf die Linse; nach dem Durchtritt durch die Linse sind die Strahlen convergent, vereinigen sich an irgend einer Stelle wieder in einem Punkt zu einem Bild (Bildpunkt) jenes leuchtenden Punktes. Nur an diesen beiden Stellen (Objectpunkt und (Bildpunkt) vereinigen sich alle Strahlen in einem Punkte; legt man an anderen Stellen senkrecht zur Systemaxe Ebenen, so schneiden diese das Strahlenbüschel so, dass auf ihnen nicht ein leuchtender Punkt, sondern ein leuchtender Kreis = Durchschnitt des Strahlenbüschels) ein sogenannter Zerstreuungskreis erscheint.

Wird im Auge das Bild aussen befindlicher Punkte nicht genau auf der Retina, sondern vor oder hinter ihr entworfen, so trifft die Retina selbst ein Zerstreuungskreis.

Biconcave, planconcave, convexconcave Linsen machen die hindurchtretenden Strahlen divergent = Zerstreuungslinsen.

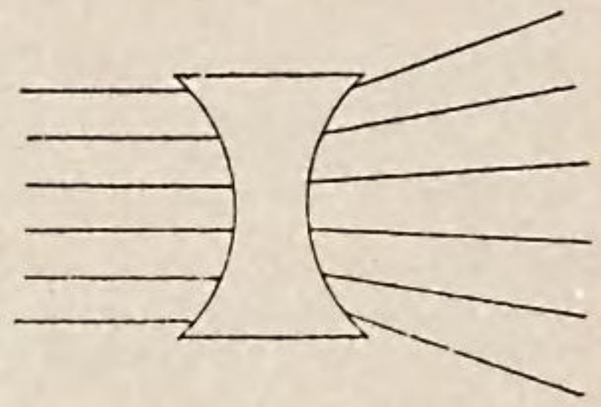
Sammellinsen liefern von Objecten verkleinerte umgekehrte reelle Bilder Zerstreuungslinsen verkleinerte, aufrechte, virtuelle Bilder.

Fig. 65.



Biconvexe Linse.

Fig. 66.



Biconcave Linse.

Alle parallel der Axe auf eine Linse auffallenden Strahlen werden in einem Punkt, dem Brennpunkt (Focus) vereinigt (siehe vorher optische Cardinalpunkte); doch erfährt dieser Satz für die Wirklichkeit eine gewisse Einschränkung, insofern er nur für die nahe der Axe auffallenden Strahlen richtig bleibt. Die näher dem Rande der Linse auffallenden Strahlen (= Randstrahlen) werden in einem anderen Punkte hinter der Linse vereinigt als die centralen (sehr nahe der Axe gelegenen).

Der Vereinigungspunkt der Randstrahlen liegt der Linse näher als der der centralen Strahlen. So entsteht statt eines Brennpunktes eine Brennlinie, eine Brennebene. Die von der Linse entworfenen Bilder einzelner Objecte zeigen eine Verzerrung der Ränder. Dieser durch die Kugelgestalt der brechenden Flächen bedingte Fehler = Sphärische Abweichung, sphärische Aberration*). Die sphärische Abweichung der Linsen wird corrigiert:

1) durch die sog. Blende, Diaphragma (beim menschlichen Auge die Iris) = ein geschwärzter Ring, der nur die centralen Strahlen zur Linse hindurchtreten lässt,

2) durch passende Combination mehrerer Linsen zu einem Linsensystem. Solches Linsensystem, welches die Strahlen wirklich in einem Punkte, nicht in einer Ebene vereinigt, = aplanatisches**) Linsensystem.

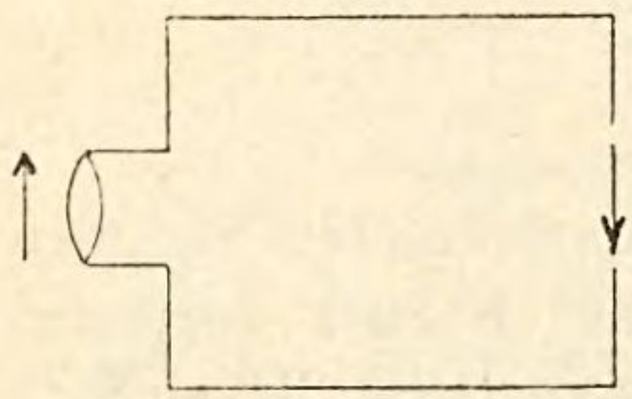
*) Da die Abweichung unabhängig von der Farbe des Lichtes ist, auch bei einfarbigem (z. B. rotem) Licht beobachtet wird, so nennt man sie vielfach monochromatische Abweichung.

**) Planatische Linse besitzt eine Brennebene, aplanatische Linse besitzt einen wirklichen Brennpunkt, keine Brennebene.

3) Beim menschlichen Auge ist die Linse in ihren verschiedenen Schichten verschieden stark brechend, die Randbezirke brechen schwächer als der Kern.

Wenn trotz alledem das Bild irgend eines ebenen Objectes von der Linse des Auges gekrümmt und mit verzerrten Rändern entworfen wird, so wird diesem Uebelstand dadurch noch etwas abgeholfen, dass das Bild nicht auf eine ebene Fläche, sondern auf die halbkugelig gewölbte Retina projiciert wird.

Fig. 67.



Camera obscura.

Camera obscura besteht aus einem Kasten, dessen eine Wand an einer Stelle durchbohrt, dort eine Convexlinse trägt, durch welche auf der gegenüberliegenden Wand umgekehrte Bilder aussen befindlicher Objecte entworfen werden. Die Entfernung der Linse von der gegenüberliegenden Wand ist veränderlich, so dass bei jeder Entfernung des Objectes ein klares Bild entworfen werden kann. Die Seitenwände des Kastens sind geschwärzt, um störende Reflexe zu verhindern.

Das menschliche Auge = Camera obscura; auf der Netzhaut wird ein verkleinertes, umgekehrtes, reelles Bild der aussen befindlichen Gegenstände entworfen. (Beweis: Man schneidet seitlich in das Auge ein Loch und beobachtet durch dasselbe die von vor dem Auge befindlichen Objecten auf der Retina entworfenen Bilder.) Die Innenwände des Auges sind geschwärzt (Choroides, Iris.). Um bei verschiedener Entfernung der Objecte stets klare Bilder auf der Retina zu entwerfen, besitzt das Auge zwar nicht die Fähigkeit, die Linse der Retina mehr oder weniger zu nähern, sondern es vermag die Linse stärker oder schwächer zu krümmen (= Accommodation).

Anatomie des Auges.

Der Augapfel, Bulbus = (annähernd) kugeliger Körper, besteht aus mehreren concentrisch angeordneten Schalen (Häuten), von aussen nach innen: Sklera, Choroides, Retina (= lichtempfindliche Membran).

Von der Retina eingeschlossen, nimmt der Glaskörper, Corpus vitreum, das Centrum des Auges ein.

Die Anordnung der Häute erleidet Abweichungen am vorderen Pole (= Ein-

trittsstelle des Lichtes in das Auge) und am hinteren Pole (dort tritt der Sehnerv von aussen her in das Auge hinein durch sämmtliche Häute hindurch zur Retina).

Vorderer Pol:

Statt der undurchsichtigen Sklerotika die durchsichtige (transparente) Cornea.

Statt der Choroides die Iris mit einer centralen Oeffnung, der Pupille.

Die Retina fehlt.

Zwischen Cornea und Iris die vordere Kammer (Humor aqueus), zwischen Iris und Glaskörper die Linse (Lens crystallina) eingeschoben.

Hinterer Pol:

Der Sehnerv durchbohrt, von aussen her eintretend, Sklera, Choroides und teilweise auch die Retina, gelangt zu der innersten Schicht der Retina und breitet sich in derselben flächenhaft aus.

Eintrittsstelle des N. opticus in das Auge = Papilla nervi optici.

Der Aequator des Auges liegt in der grössten Circumferenz des Bulbus in der Frontalebene, die Meridiane des Auges stehen senkrecht auf diesem Aequator.

Sklera (Lederhaut) = echte fibröse Haut (= Sehnengewebe), ca. 1 mm dick. Die Sehnen der Augenmuskeln (= der Muskeln, welche das Auge bewegen) setzen sich direkt in die Sklera fort.

Cornea (Hornhaut) ist in die Sklera wie ein Uhrglas eingesetzt, so dass aussen die Sklera, innen die Cornea weiter übergreift. Uebergangsstelle der Cornea in die Sklera = Hornhautfalz. Hornhaut = Ellipsoid (entstanden durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Achse). Der eine Endpunkt der grossen Achse (= Scheitel des Ellipsoides) liegt in der Mitte der Hornhaut. Die Basis der Hornhaut (= Durchmesser des vom Rande der Hornhaut gebildeten Kreises) steht senkrecht auf der grossen Achse der Ellipse. An der Hornhaut unterscheidet man von aussen nach innen 5 Schichten.

1) Geschichtetes Plattenepithel;
2) Vordere Basalmembran, Lamina elastica ant. Bowmansche Membran; } Conjunctiva corneae.
3) Substantia propria corneae = bindegewebig. Die Fasern dieser Schicht gehen unmittelbar in die Fasern der Sklera über.
4) Hintere Basalmembran (Descemetsche, Demourssche Membran), Lamina elastica post.;
5) Hornhautendothel (= Endothel der vorderen Kammer).

Die Cornea ist gefässlos und vollkommen durchsichtig (wie Glas).

Ringförmig um die Cornea verläuft ein Spalt, Can. Schlemmii, der noch in der Sklera gelegen ist. Der Can. Schlemmii rechnet wahrscheinlich zu den Blut- als auch zu den Lymphbahnen.

Zwischen Sklera und Choroides befindet sich die Lamina suprachoroidea (Lamina fusca) = lockeres pigmenthaltiges Bindegewebe = Lymphraum (= Perichoroidealraum). Beim Lösen der Sklera von der Choroides haeftet die Lamina suprachoroidea teils ersterer (= Lamina fusca Sklerae), teils letzterer (= Lamina fusca Choroideae) an.

Choroides (Aderhaut), Tunica vasculosa, besteht aus folgenden Schichten (von aussen nach innen):

I) Eigentliche Choroides,
   a) Lamina choriovasculosa = Schicht der grösseren Gefässe, enthält die Verästlungen von Arterien und Venen (Artt. ciliares postt. breves, Vv. vorticosae, Vv. cil. postt. breves),
   b) Grenzschicht,
   c) Lamina choriocapillaris = Schicht der Capillargeff. = engmaschiges Netz weiter Capillaren.

II) Basalmembran = eine Art dünner elastischer Haut.

III) Pigmentmembran = Pigmentschicht der Retina.

In der Gegend des vorderen Endes der Sklera setzt sich die Choroides continuierlich in die Iris fort. Bevor die Choroides iu die Iris übergeht, verdickt sie sich zu dem Corpus ciliare.

Diese Verdickung der Choroides wird bedingt durch:

1) den M. ciliaris (Brückescher Muskel, M. tensor choroideae, (Fig. 72). Der Muskel entspringt an der inneren Wand des Can. Schlemnii, teils von der hinteren Basalmembran der Cornea, teils von dem vorderen Ende der Sklera. Die Muskelfasern verlaufen zum Theil meridional (= Meridionalfasern) nach hinten, gehen in das Gewebe der Choroides über und ziehen bei ihrer Contraction die Choroides nach vorn (= M. tensor choroidis im engern Sinne). Ein anderer Teil der Muskelfasern verläuft äquatorial (= Aequatorialfasern, circuläre Fasern); diese Fasern bilden einen Ring um die Linse (M. sphincter sive compressor lentis). Ausserdem giebt es Fasern, die aus der einen (meridionalen) Richtung in die andere (äquatoriale) übergehen = Uebergangsfasern.
   Der M. ciliaris wird innerviert vom N. oculomotorius.
2) einen Vorsprung der inneren Fläche der Choroides. Diese Hervorragung der Choroides nach innen (= Corpus ciliare) wird durch radiäre (meridionale) Furchen in 70—80 Kämme, die Procc. ciliares, geteilt, die den Rand der Linse umgeben.

Iris = direkte Fortsetzung der Choroides = kreisrunde, mit einer ebenfalls kreisrunden Oeffnung (Pupille) versehene Scheibe.

[Choroides + Iris = Uvea, Uvealtractus.]

Die Schichten der Iris (von aussen nach innen) sind:

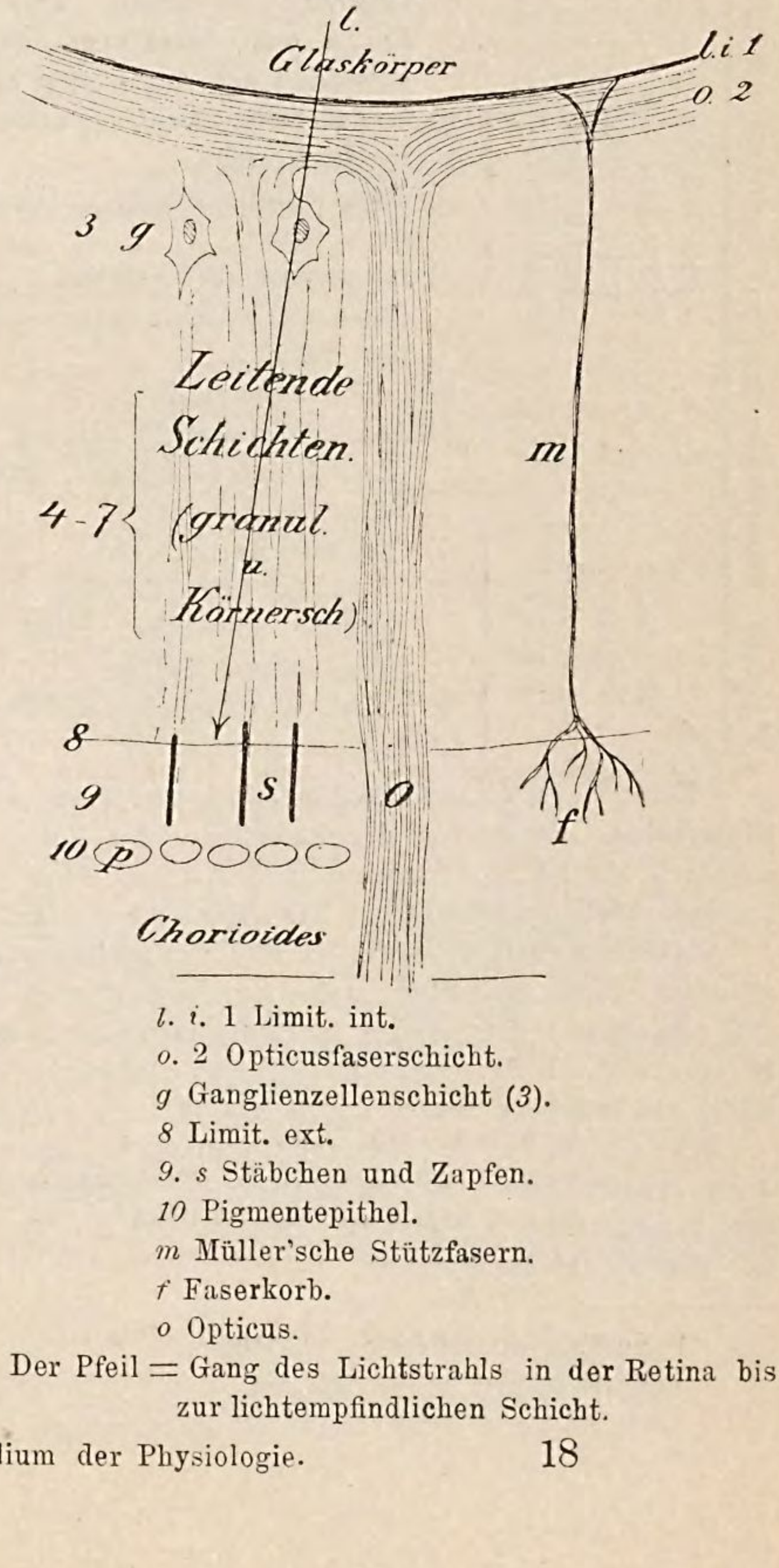
1) Endothel der vorderen Kammer (= Fortsetzung des Endothels, welches die hintere Cornealfläche überzieht).
2) Vordere Grenzschicht (reticulierte Schicht).
3) Corpus iridis (Stroma iridis, Gefässschicht) enthält glatte Muskelfasern und zwar:
   a) ringförmig um den Pupillarrand der Iris angeordnete Faserbündel = M. sphincter pupillae (N. oculomot.).
   b) Von diesen in radiärer Richtung ausstrahlende spärliche Fasern, welche keine zusammenhängende Schicht bilden und die hinterste Lage des Corpus iridis einnehmen = M. dilatator pupillae (N. sympathicus).
4) Hintere Grenzschicht (Membrana Bruchii).
5) Pigmentschicht (= Pars iridica retinae = Hinteres Irisepithel).

Die Iris ist mit ihrem äusseren (choroidealen, ciliaren) Rand in der Gegend des Hornhautfalzes befestigt und liegt mit ihrem inneren Rande (Pupillarrande) der vorderen Fläche der Linse lose auf.

Zwischen Cornea und Iris liegt ein mit Flüssigkeit gefüllter Raum = vordere Augenkammer, Humor aqueus.

An der Stelle des Hornhautfalzes stossen Iris, Cornea, Sklera, Choroides (Corpus ciliare) zusammen. Die Stelle, wo Iris und Cornea zusammentreffen, = Iriswinkel, dort sendet die Iris zur hinteren Basalmembran der Cornea zahlreiche bindegewebige Fortsätze (= Irisfortsätze = Lig. pectinatum iriis). Das Endothel der vorderen Augenkammer geht von der hinteren Fläche der Cornea direkt über auf die Fasern des Lig. pectinat., überzieht diese und begiebt sich dann auf die vordere Fläche der Iris. Die zwischen den Fasern des Lig. pectinatum befindlichen Räume = Fontanasche Räume, welche in offner Verbindung mit der vorderen Augenkammer stehen und dieselbe Flüssigkeit wie diese enthalten.

Fig. 68.



l. i. 1 Limit. int.
o. 2 Opticusfaserschicht.
g Ganglienzellenschicht (*3*).
8 Limit. ext.
9. s Stäbchen und Zapfen.
10 Pigmentepithel.
m Müller'sche Stützfasern.
f Faserkorb.
o Opticus.
Der Pfeil = Gang des Lichtstrahls in der Retina bis zur lichtempfindlichen Schicht.

Retina, Netzhaut, = flächenhafte Ausbreitung von Nervenmasse. Man unterscheidet an der Retina 2 Teile:

a) vorderer, kleinerer Teil, überzieht die Procc. ciliares und die Hinterfläche der Iris, dient nicht zum Sehen, da ja auf diese Stelle keine Lichtstrahlen von aussen fallen können,

b) hinterer, grösserer Teil, dient zum Sehen.

Uebergangszone zwischen a) und b) = Ora serrata, verläuft etwa 4 bis 5 mm nach vorn und parallel mit dem Aequator des Auges.

Wenn ein aus dem Glaskörper (ursprünglich

von aussen) kommender Lichtstrahl auf die Retina trifft, so gelangt er nicht sogleich an die lichtempfindende Schicht (= Stäbchen + Zapfen), sondern passiert erst eine Reihe von durchsichtigen für Licht selbst nicht empfindlichen Schichten der Retina, um schliesslich auf die eigentlich lichtpercipierende (lichtaufnehmende) Schicht zu stossen (siehe Fig. 68). In dieser lichtempfindenden Schicht (Stäbchen + Zapfen) wird der Lichtstrahl in eine Lichtempfindung umgesetzt; die Lichtempfindung wird nun durch dieselben Schichten (die sog. verbindende Schicht), die vorher für den Lichtstrahl selbst vollkommen unempfindlich waren, zu den Opticusfasern und durch diese zum Gehirn fortgeleitet.

Die Retina zerfällt in 10 Schichten (von innen nach aussen):

Weg des Lichtstrahls zur lichtempfindenden Schicht.				
Die Geff. der Retina (Art. centralis retinae) liegen hauptsächlich in 2)—4).	[1) Membrana limit. int. = Limit. hyaloidea = Grenze zwischen Retina und Glaskörper, gehört eigentlich dem Glaskörper an.]		A. (1+2+3) Fortleitungsbahn zum Gehirn.	Weg der Lichtempfindung von der lichtempfindenden Schicht zum Gehirn.
	2) Opticusfaserschicht (marklose Nervenfasern).			
	3) Ganglienzellenschicht = Ganglion nervi optici.			
Musivische Schicht. Neuroepithelschicht.	4) Innere granulierte Schicht. (Molecularschicht, innere reticuläre Schicht).		B. 4+5+6+7 verbindende Schicht.	
	5) Innere Körnerschicht.			
	6) Aeussere granulirte Schicht. (Zwischenkörnerschicht, äussere reticuläre Schicht).			
	7) Aeussere Körnerschicht.			
	8) Limit. ext. = siebförmig durchlöcherte Membran, trägt die Stäbchen und Zapfen.		C. 8+9+10 lichtaufnehmende Schicht.	
	9) Schicht der Stäbchen und Zapfen.			
	10) Pigmentepithelschicht.			

Neben allen diesen Schichten ein Stützapparat, hauptsächlich die Müller'schen Stützfasern, reichen von der Innenfläche der Retina durch sämtliche Schichten hindurch bis zu den Stäbchen und Zapfen, lösen sich dort in feine Fasern auf (= Faserkörbe), umfassen die Basis der Stäbchen und Zapfen.

Stäbchen (Bacilli) + Zapfen (Coni) = modificierte zellige Elemente (Stäbchensehzellen, Zapfensehzellen), stehen pallisadenförmig neben einander in die Limit. ext. eingepflanzt und werden durch die verbindende Schicht (B) und die Ganglienzellenschicht mit der Opticusfaserschicht verbunden. Jeder Zapfen wird von einer Reihe von Stäbchen umgeben; die Zapfen sind wichtiger als die Stäbchen.

Macula lutea = querovale*) (elliptische) Stelle der Netzhaut, am lebenden Auge dunkelbraunrot, an der Leiche gelb, liegt etwas nach aussen und unten von der Papilla nervi optici. Der Mittelpunkt der Macula liegt 1—2 mm tiefer als der Mittelpunkt der Papilla.

---

*) Horizontaldurchmesser 2—3 mm.
Verticaldurchmesser 0,8 mm.
Papilla nervi optici kreisrund, Durchmesser 2 mm.

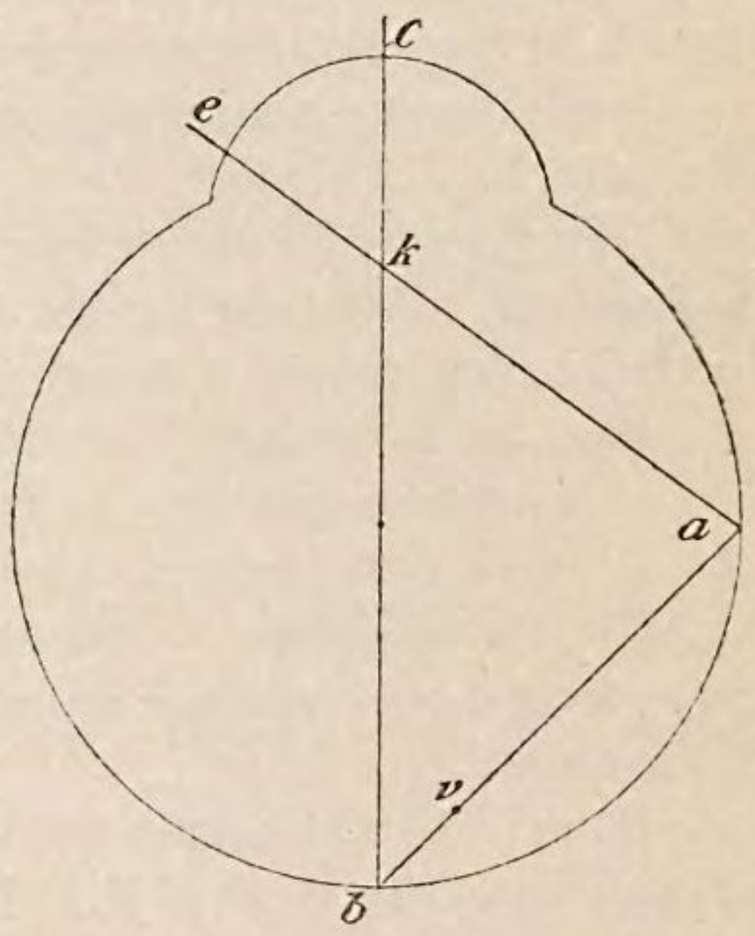
Entfernung der Macula lutea von der Papilla = 1 Papillendurchmesser.

Etwa in der Mitte der Macula lutea, jedoch dem äusseren Ende etwas näher, liegt die Fovea centralis = grubenförmige Vertiefung = Stelle des deutlichsten Sehens (Durchmesser der Fovea centralis 0,2 mm). In der Macula lutea fehlen die Gefässe, die Opticusfaserschicht und die Stäbchen; die Zapfen sind vorhanden.

Alle vor der lichtempfindenden Schicht innerhalb des Auges gelegenen Körper (Gefässe der Netzhaut, Flocken des Glaskörpers, Trübungen der Linse, der vorderen Kammer, der Cornea) werden gesehen = **Entoptische Erscheinungen.** Die Netzhautgeff. werden gewöhnlich nicht wahrgenommen, weil die lichtempfindende Schicht an den von ihnen entworfenen Schatten gewöhnt ist; um sie zu bemerken, muss man Licht so durch die Pupille einfallen lassen, dass die Schatten der Netzhautgeff. ganz ungewöhnliche Stellen treffen.

Zu diesem Zwecke lässt man Licht ganz seitlich durch die Pupille einfallen, der Lichtstrahl (*ea*) trifft auf die Retina (*a*), wird nach einer zweiten Stelle (*b*) reflectiert. Durch diesen reflectierten Strahl wird ein sehr ungewöhnlicher Schatten der Netzhautgeff. (*v*) entworfen, so dass die Netzhautgeff. wahrgenommen werden. (Der Punkt *b* erhält sonst nur Licht von *c* her.) Der auf diese Weise leicht zu sehende Gefässbaum der Retina = Purkinjescher Gefässbaum. Verschiebt man das seitlich eintretende Licht um ein Weniges, so erscheinen auch die Netzhautgeff. an anderer Stelle. Aus der Grösse der Verschiebung des Lichtes und der scheinbaren Verschiebung der Netzhautgeff. kann man berechnen, in welcher Entfernung von den Netzhautgeff. die lichtempfindende Schicht liegen muss. Die so gefundene Grösse = Entfernung zwischen Netzhautgeff. und Schicht der Stäbchen und Zapfen.

Fig. 69.



ea durch den Knotenpunkt
k einfallender Lichtstrahl.
ab reflectierter Lichtstrahl.
v Netzhautgefäss.
b lichtempfindende Schicht.

Dass die Stäbchen und Zapfen die lichtempfindende Schicht darstellen, ergiebt sich

1) aus der eben angeführten Berechnung,

2) die Macula lutea (= Stelle des schärfsten Sehens) weist nur Zapfen auf.

3) Die Papilla nervi optici enthält keine Stäbchen und Zapfen, ist blind, = blinder Fleck (Mariottescher Fleck).

Netzhaut = lichtempfindliche Platte eines photographischen Apparates. Der lichtempfindliche Stoff = Netzhautpurpur, wird vom Pigmentepithel der Netzhaut an die Stäbchen und Zapfen abgegeben.

Zonula Zinii (= Zonula ciliaris) = Bandapparat, fixiert die Linse in ihrer Lage. Die Zonula entspringt in der Gegend der Ora serrata aus der Limit int., zieht in meridionaler Richtung zum Linsenrand (= eigentliches Aufhängeband der Linse = Lig. suspensorium lentis).

Gesamtlänge der Zonula Zinii 6 mm. Die Fasern der Zonula Zinii inserieren teils an der vorderen, teils an der hinteren Linsenkapsel.

Zwischen den an die Vorderfläche und den an die Hinterfläche der Linsenkapsel tretenden Zonulafasern dreieckiger Raum = Can. Petiti = Lymphraum.

Zwischen Iris und Zonula ein mit Flüssigkeit erfüllter Raum = hintere Augenkammer, Camera post. steht durch den Spalt zwischen Iris und Linse in direkter Communication mit dem Humor aqueus.

Durch die ziemlich straff gespannte Zonula Zinii wird die Linse abgeplattet; wird der M. ciliaris contrahiert, so wird Choroides, Corpus ciliare etc. nach vorn gezogen, die Zonula Zinii wird entspannt; die Linse, ihrer natürlichen Elasticität folgend, krümmt sich stärker (= Mechanismus der Accommodation, Fig. 72).

Linse (auch Crystallinse genannt) biconvex, farblos, gefässlos, durchsichtig, sehr elastisch Vorderer resp. hinterer Linsenpol = Mittelpunkt der vorderen resp. der hinteren Linsenfläche. Verbindungslinie beider Pole = Axe (= Sagittaldurchmesser). Grösster Umfang der Linse in der Frontalebene = Aequator. Jeder senkrecht zum Aequator gelegte grösste Kreis = Meridian.

Man unterscheidet:

a) Rindensubstanz = Substantia corticalis lentis.

b) Centrale Schicht = Kern = Nucleus lentis.

Die Linse zerfällt in concentrisch geschichtete Lamellen, deren jede wieder aus einer grossen Anzahl Linsenfasern besteht. Die Linsenfasern = modificierte Epithelzellen.

Die Linsensubstanz ist nicht homogen; die Kernsubstanz bricht stärker als die Rindensubstanz; das Totalbrechungsvermögen der Linse ist grösser als das des Kerns.

Glaskörper Corpus vitreum, klar vollkommen durchsichtig, besteht aus

a) Membrana hyaloidea (Limit. hyaloid., Limit int.),

b) Glaskörpergallerte (= Schleimgewebe)

Cornea und Conjunctiva werden stets feucht erhalten durch die von den Thränendrüsen secernierte Thränenflüssigkeit.

[Thränendrüsen + Augenlider + Wimpern = Schutzorgane des Auges].

Das Auge als optisches System.

Jeder in das Auge tretende Lichtstrahl passiert nach einander:

Thränenflüssigkeit, Cornea, Humor aqueus, Linse, Corpus vitreum. Das menschliche Auge = centriertes optisches System;

die Axe dieses Systems = Augenaxe. (Das vordere Ende der Augenaxe liegt etwa im Mittelpunkt der Cornea, das hintere Ende zwischen Macula lutea und Papilla nerv. optici).

Es ist nach Listing (sog. schematisches Auge):

Brechungsvermögen der Thränenflüssigkeit $\frac{103}{77}$

„ des Humor aqueus $\frac{103}{77}$

„ der Krystallinse $\frac{16}{11}$

„ des Glaskörpers $\frac{103}{77}$

Krümmungsradius der Cornea 8 mm

der vorderen Linsenfläche 10 mm

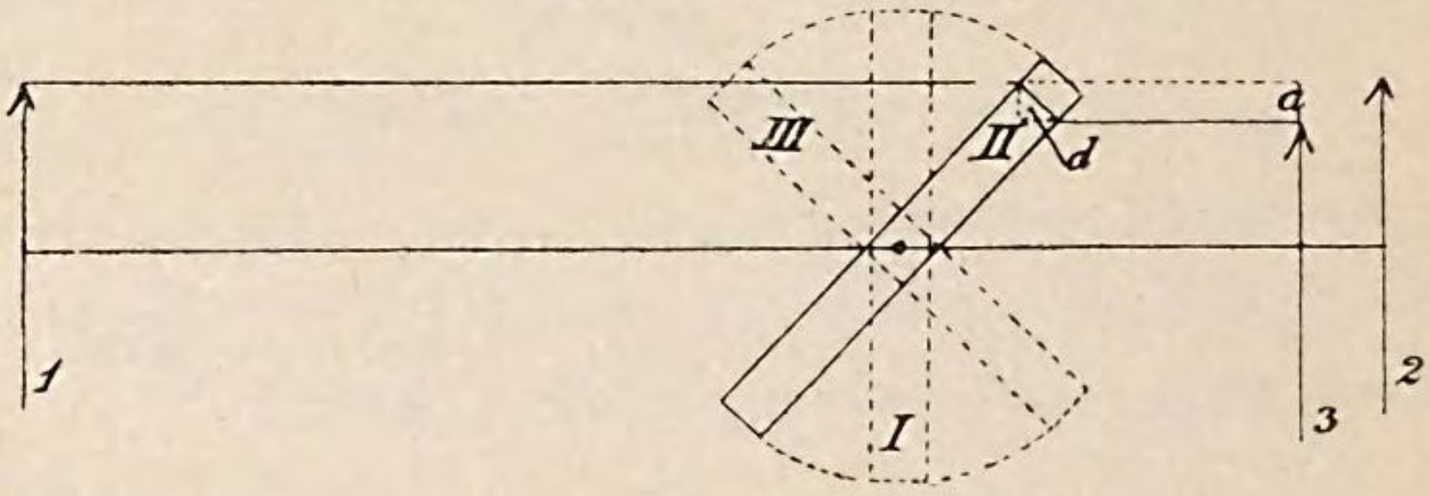
der hinteren „ 6 mm

Dicke der Linse 4 mm

Entfernung zwischen vorderer Hornhaut- und vorderer Linsenfläche 4 mm.

Um die Krümmungsradien der Augenmedien zu bestimmen, dient das Ophthalmometer (Fig. 70), welches die Grösse der Bilder bekannter Objecte misst. Ist die Grösse des Bildes bestimmt, so ist der Krümmungsradius leicht zu berechnen.

Fig. 70.
Ophthalmometer.



Das Ophthalmometer besteht aus planparallelen Glasplatten, die gegen einander gekreuzt werden können. Steht die Glasplatte (*I*) dem Pfeile (*1*) parallel, so erscheint derselbe an seiner natürlichen Stelle (*2*). Wird die Glasplatte schräg gestellt (*II*), so erscheint der Pfeil verschoben (*3*), die Grösse der Verschiebung (*a*) wird aus dem Drehungswinkel und der Dicke der Platten leicht gefunden. Sind beide Platten soweit gegeneinander gedreht, dass statt eines Pfeiles zwei sich gerade berührende erscheinen, so ist die leicht zu berechnende Verschiebung = der Hälfte des Pfeiles, daraus ist die Länge des Pfeiles bekannt.

Lage der opttischen Cardinalpunkte des Auges (Fig. 71):

1) Der erste Brennpunkt liegt 12,8326 mm vor der Hornhaut, der zweite Brennpunkt 14,6470 mm hinter der Hinterfläche der Linse (in der Retina).

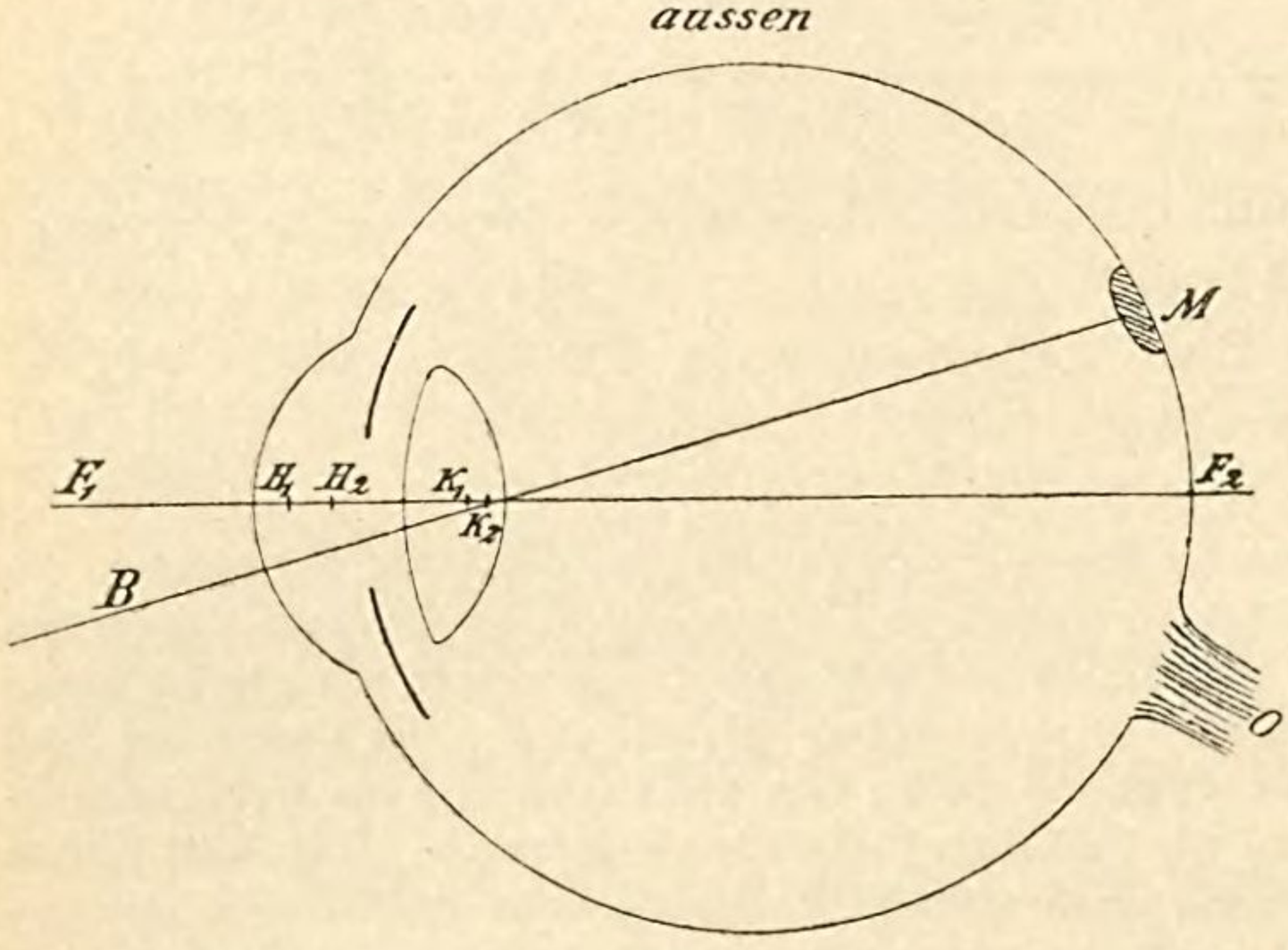
2) Beide Hauptpunkte liegen im Humor aqueus; der erste Hauptpunkt 2,1746 mm, der zweite 2,5724 mm hinter der vorderen Fläche der Cornea; ihr gegenseitiger Abstand = 0,3978 mm.

3) Beide Knotenpunkte liegen in der Linse, der erste 0,7580 mm, der zweite 0,3602 mm vor der Hinterfläche der Linse.

Man kann die beiden Hauptpunkte, da sie einander sehr nahe liegen, in einen Punkt zusammenziehen, ebenso die beiden Knotenpunkte (= reduciertes Auge).

Man zieht von einem leuchtenden Punkte eine grade Linie durch den (vereinfachten) Knotenpunkt und verlängert diese bis zur Netzhaut; wo sie die Netzhaut trifft, dort ist der Ort des Bildes. Eine solche grade Linie = Richtungslinie des Sehens. Knotenpunkt also Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

Fig. 71.
Horizontalschnitt durch das rechte Auge.



F_1 F_2 = Augenaxe.
F_1, F_2 = Brennpunkte.
K_1, K_2 = Knotenpunkte.
H_1, H_2 = Hauptpunkte.
B M = Sehaxe.
M = Macula lutea.
O = N. opticus.

Der Richtungsstrahl, welcher die Macula lutea trifft = Gesichtslinie, Sehlinie, Sehaxe, Gesichtsaxe (B M Fig. 71). Gesichtslinie und Augenaxe bilden einen Winkel von ca. 5°; das hintere Ende der Gesichtslinie liegt nach aussen und unten von der Augenaxe; vor dem Auge

liegt die Gesichtslinie nach innen und oben von der Augenaxe. Werden von den beiden Enden eines Gegenstandes Graden zu dem Knotenpunkt gezogen, so bilden diese einen Winkel = Sehwinkel.

Direktes Sehen: Der Strahl fällt auf die centralen Netzhautstellen.

Indirektes Sehen: Der Strahl fällt auf peripherische Netzhautstellen. (Zur Prüfung des indirekten Sehens dient das Perimeter.)

Fixieren: Das Auge wird so gestellt, dass das Bild auf die Fovea centralis fällt.

Zwei feine parallel dicht neben einander liegende Linien werden noch isoliert wahrgenommen, wenn ihre Entfernung von einander nicht mehr als ca. 75 Sek. (Sehwinkel) beträgt = Maass der Sehschärfe.

Zahlreiche leuchtende Punkte werden als eine helle Fläche wahrgenommen, wenn auf jeden Zapfen ein Lichtpunkt fällt; die Punkte werden isoliert wahrgenommen, wenn jeder beleuchtete Zapfen von einem Kranz unbeleuchteter Zapfen umgeben ist.

Die Netzhaut nimmt noch eine Lichterscheinung wahr welche nur $\frac{1}{1000000}$ Sek. dauert (elektrischer Funke).

Die Netzhaut erkennt den Unterschied der Lichtstärke (Lichtintensität) zweier Lichtquellen; je grösser aber die Lichtintensität wird, desto geringer wird dieses Unterscheidungsvermögen der Netzhaut.

In welcher Weise die einzelnen Farben wahrgenommen werden, ist bis jetzt noch nicht erklärt.

Farbenblindheit: Gewisse Farben werden nicht wahrgenommen (Rotblindheit = Daltonismus).

Wird die auf die Netzhaut einwirkende Lichtquelle plötzlich entfernt, so verbleibt die Netzhaut noch eine Zeit lang in dem erregten Zustand = Nachbild.

Positives Nachbild: Das Nachbild hat die gleiche Helligkeit und Farbe wie das ursprüngliche Bild.

Negatives Nachbild: Die hellen Partien des ursprünglichen Bildes sind dunkel, die Farben in die Complementärfarben umgewandelt.

Simultaner Contrast. Helle Partien eines Bildes erscheinen um so heller, je mehr in der Umgebung das Helle fehlt: das Gleiche gilt für dunkle Partien.

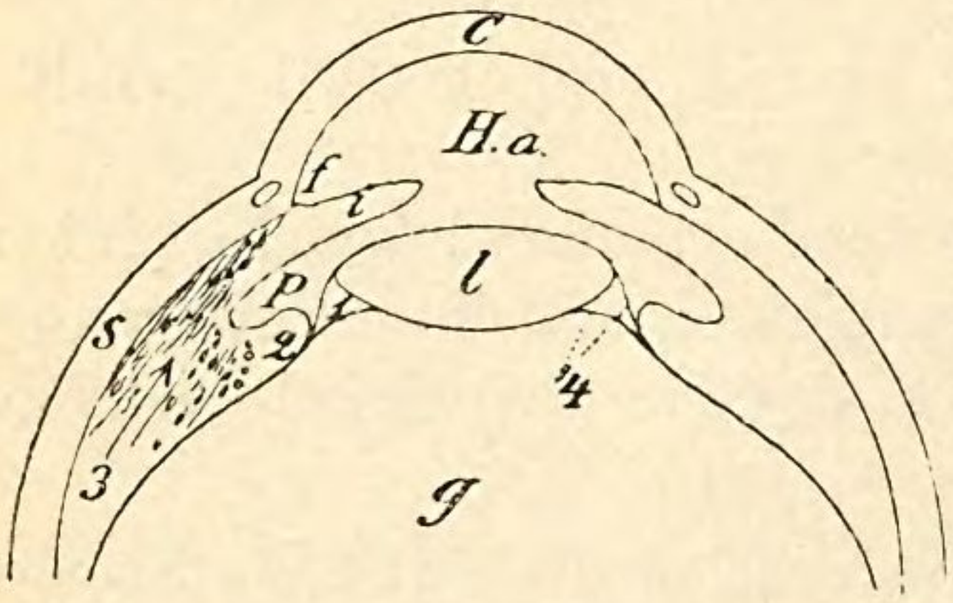
Eine Farbe erscheint um so intensiver, je mehr sie in der Umgebung fehlt

Accommodation

= Fähigkeit des Auges, sowohl von nahen wie von entfernten Objecten scharfe Bilder auf der Retina zu entwerfen. Dies geschieht durch verschieden starke Krümmung der Linse (siehe Seite 276). Ist der M. ciliaris, d. h. die Accommodation, erschlafft, so ist das Auge für parallel auffallende Strahlen eingestellt (Radius der vorderen Linsenfläche = 10 mm).

Ist der M. ciliaris contrahiert, d. h. die Accommodation angespannt (Radius der vorderen Linsenfläche = 6 mm), so werden von einem nahe gelegenen Punkt divergent auf das Auge fallende Strahlen zu einem Bildpunkt auf der Retina vereinigt.

Fig. 72.
Horizontalschnitt durch den vorderen Theil des Auges.



C. Cornea.
H. a. Hunor aqueus.
l. Linse.
4. Zonula Zinii.
1. Can. Petiti.
P. Camera post.
2. Proc. ciliaris.
3. M. ciliaris (Der Pfeil deutet die Zugrichtung des Muskels an).
S. Sklera.
g. Glaskörper.

Man unterscheidet:

I) Fernpunkt (Ruhepunkt) = grösste Entfernung, in der ein Gegenstand noch deutlich erkannt wird.

II) Nahepunkt = kleinste Entfernung, in der ein Gegenstand noch deutlich erkannt wird.

Entfernung der beiden Punkte (I und II) = Accommodationsbreite.

Für das normalsichtige (emmetropische) Auge liegt der Fernpunkt im Unendlichen, der Nahepunkt liegt etwa 12 ctm. vor der Cornea. Die Accommodationsbreite ist = ∞.

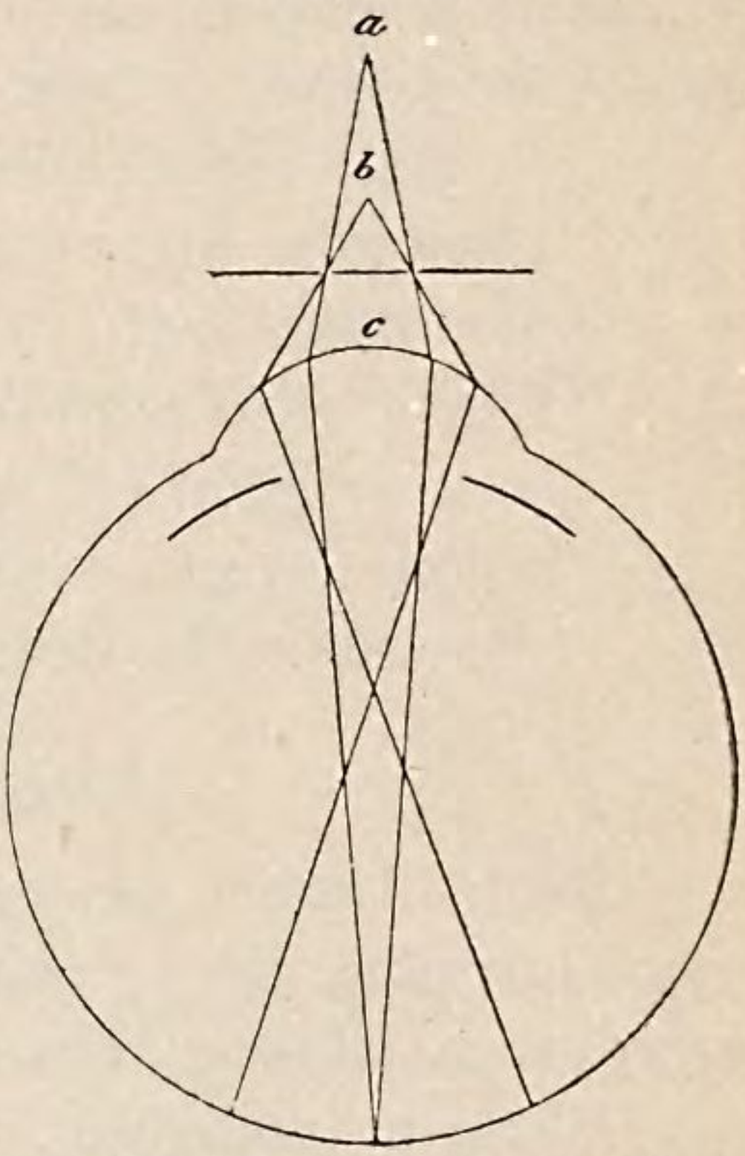
Bestimmung des Nahepunkts und Fernpunktes:

a) Mittels des Optometers = Masstab, auf dem das Object verschoben, dem Auge genähert und entfernt wird; zugleich wird die entsprechende Entfernung abgelesen.

b) Pater-Scheiner'scher Versuch (Fig 73). Man sticht in ein Karten-

blatt 2 Löcher, deren Abstand von einander kleiner ist, als der Durchmesser der Pupille beträgt, hält die Löcher vor das eine Auge und beobachtet durch sie eine Nadel. Ist die Nadel dem Auge sehr nahe (bei *b*), so erscheint sie doppelt; entfernt man sie nun, so kommt bald ein Punkt (= Nahepunkt *a*), von dem ab sie einfach erscheint.

(Fig. 73.)



Zugleich mit der Accommodation verengt sich stets die Pupille (= accommodative Pupillarreaction.)

Myopie = Kurzsichtigkeit
Hypermetropie = Weitsichtigkeit
} werden durch entsprechende Linsen corrigiert.

Da das Auge stets nur für einen bestimmten Punkt accommodiert ist, so erscheinen andere um diesen Punkt gelegene Objecte in Zerstreuungskreisen auf der Retina, welche wenn sie von schwarzen Objecten herrühren, nicht bemerkt werden, wenn sie dagegen weissen Objecten angehören, zur Beobachtung gelangen. Daher erscheint ein weisses Quadrat auf schwarzem Grunde grösser als ein schwarzes auf weissem Grunde, da die Randpartieen der Quadrate auf der Retina in Zerstreuungskreisen entworfen werden. Diese Erscheinung bezeichnet man als Irradiation des Lichtes.

Astigmatismus*) = optischer Fehler des Auges:

Das Auge ist keine Kugel, sondern auf dem Horizontalschnitt anders geformt als auf dem Sagittalschnitt; daher kann das Auge nur in der Horizontalebene oder nur in der Sagittalebene, nie in beiden zugleich accommodieren.

Augenleuchten.

Die Pupille erscheint schwarz, obwohl stets viel Licht von allen Seiten in das Auge fällt. Gelangt Licht von irgend einem leuchtenden Objecte in das Auge, so wird ein Teil des Lichtes im Auge absorbiert, ein Teil kehrt aber stets durch die Pupille zur Lichtquelle zurück (= Gesetz der Reciprocität). Wollte ein beobachtendes Auge zwischen Lichtquelle und Auge befindlich das aus dem Auge zurückkehrende Licht wahrzunehmen versuchen, so würde es die Lichtquelle vom Auge abschneiden. Es gelingt, die Pupille erleuchtet (rot) zu sehen, wenn man mittels eines Spiegels (= Augenspiegel, Ophthalmoskop) Licht in das zu beobachtende Auge wirft und durch eine in dem

---

*) ἀ – στίγμα = ohne – Brennpunkt.

Spiegel angebrachte centrale Oeffnung hindurchblickt und die Pupille betrachtet. Will man die einzelnen Teile des beobachteten Auges genau erkennen, so muss man vor dasselbe eine Convexlinse setzen.

Bei verschiedenen Tieren (Raubtieren) erscheint die Choroides nicht als gleichmässig schwarze Fläche, sondern als metallisch glänzende Membran: der metallische Glanz wird hervorgebracht durch eine besonders gebaute Grenzschicht (Membrana versicolor = Tapetum fibrosum). Solche Augen absorbieren wenig Licht, erscheinen ohne besondere Hülfsmittel leuchtend.

Augenbewegungen.

Beide Augen bewegen sich stets gleichmässig (= Mitbewegung) und in gleichem Sinne. Die Augenbewegungen werden meist von Bewegungen des Kopfes begleitet.

Man unterscheidet an jedem Auge:

A) 3 Axen.

1) Sehaxe = sagittale Axe.
   Die Sehaxen können nach vorn verlängert, nur parallel oder convergent stehen.
2) Transversale Axe = horizontale Axe, Queraxe.
3) Verticale Axe = Höhenaxe. Schnittpunkt der 3 Axen = Drehpunkt des Auges (ca. 11 mm vom Hornhautscheitel entfernt).

B) 3 Ebenen.

1) Horizontal-Ebene.
2) Sagittale, verticale Ebene.
3) Aequatoriale, frontale Ebene.

C) 3 Stellungen.

1) Primärstellung. Die Sehaxen stehen parallel und horizontal.
2) Secundärstellung.
   α) Die Sehaxen stehen parallel, nach aufwärts oder abwärts gerichtet.
   β) Die Sehaxen werden convergent.
3) Tertiärstellung = Raddrehung.

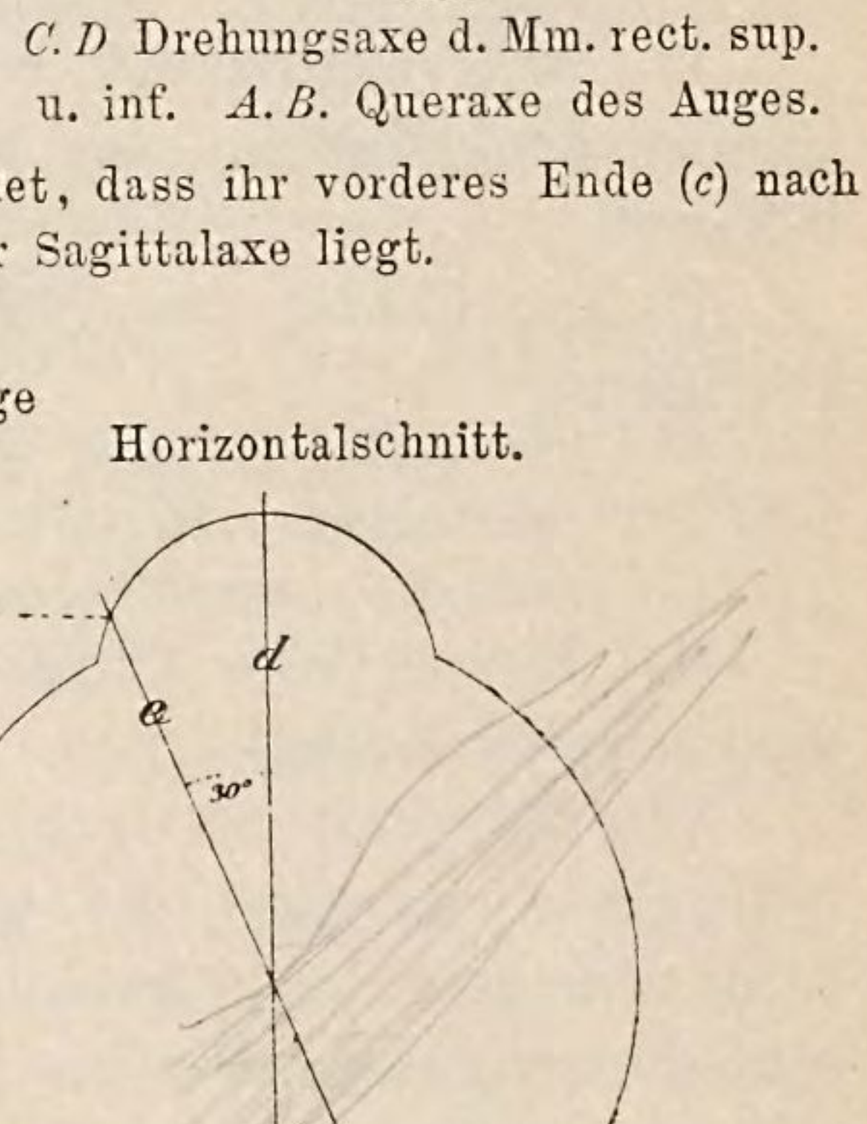
Zur Bewegung des Auges dienen die Augenmuskeln.

Bei den in Primärstellung stehenden Augen ist die Wirkung der Muskeln folgende:

a) Mm. rectus externus und internus ziehen genau nach aussen resp nach innen, drehen also genau um die Verticalaxe.

b) Mm. rect. sup. und inf. (Fig. 74) ziehen nicht genau nach oben resp. nach unten, rotieren also nicht genau um die Queraxe (*A B*), sondern um eine Axe (*C D*), die mit der Queraxe einen Winkel von 20° bildet derart, dass das innere (nasale) Ende dieser Axe vor, das laterale (temporale) Ende hinter der Queraxe liegt. Daher wird die Cornea durch den M. rect. sup. nach innen und oben, durch den M. rect. inf. nach innen und unten gezogen.

Fig. 74.
Horizontalschnitt durch das linke Auge.



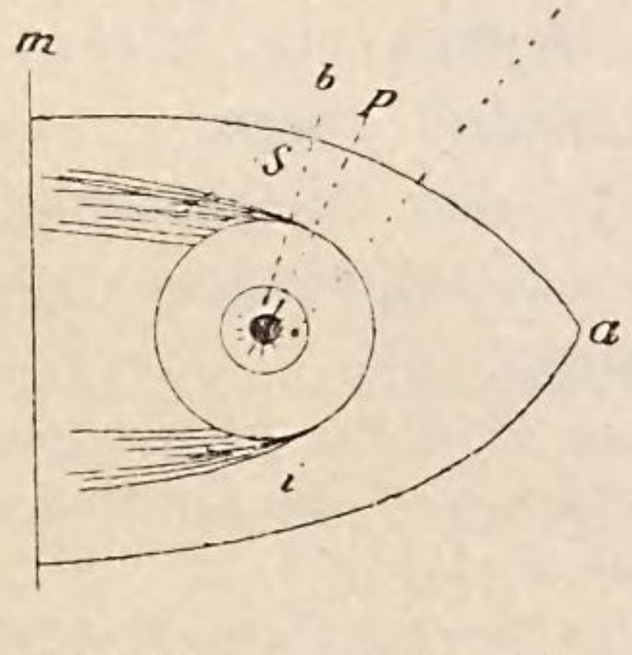
C. D Drehungsaxe d. Mm. rect. sup. u. inf. *A. B.* Queraxe des Auges.

c) Mm. obliq. sup. und inf. (Fig. 75) vermitteln die Raddrehungen des Auges, drehen das Auge nicht genau um die Sagittalaxe (*d*), sondern um eine Axe (*e*), die mit der Sagittalaxe einen Winkel von 30° so bildet, dass ihr vorderes Ende (*c*) nach aussen, ihr hinteres Ende nach innen von der Sagittalaxe liegt.

Fig. 75.

Linkes Auge

von vorn gesehen.



Horizontalschnitt.

m Mittellinie. *S* M. obliq. sup. *i* M. obliq. inf. *b* Iris. *p* Pupille. *a* äusserer Augenwinkel. *d* Sagittalaxe. *e* Drehungsaxe der Mm. obliq. mit ihrem vorderen Endpunkt *c*.

Daher dreht der M. obliq. sup. die Cornea nach aussen und unten (= M. spernens), durch den M. obliq. inf. wird die Cornea nach aussen und oben gedreht.

Stehen die Augen in anderen Stellungen als in Primärstellung, so wird die Wirkungsweise der einzelnen Muskeln geändert.

Sehwinkel : Winkel zw. Richtungsstrahlen.
Gesichts-winkel: Winkel zw. Sehachsen.

Binoculares Sehen

= das Sehen mit zwei Augen.

Das Urteil über die Grösse der Gegenstände wird bestimmt

1) durch die Grösse des Sehwinkels (= scheinbare Grösse des Gegenstandes).

2) Die Entfernung des betreffenden Objectes vom Auge, welche durch den Grad der Convergenz der Sehaxen erkannt wird.

Der Winkel zwischen den beiden Sehaxen = Gesichtswinkel.

3) Grad der etwa angewendeten Accommodationsanstrengung.

4) Bewegung des Kopfes resp. des Körpers und dadurch hervorgebrachte scheinbare Verschiebung der Gegenstände gegen ihren Hintergrund.

2 Fragen:

A) Welche Vorteile gewährt das binoculare Sehen?

I) Das Gesichtsfeld*) wird vergrössert; die Entfernung und Grösse der Objecte von 2 Stellen aus bestimmt, wird besser erkannt.

II) Die Fehler des einen Auges werden durch das andere korrigiert.

Papilla n. optici, Eintrittsstelle des N. opticus = blinder Fleck, Mariottescher Fleck, ohne Lichtempfindung. Diese Stelle bedarf der Correction durch das andere Auge.

III) Körperliche Objekte werden als solche erkannt (= körperliches Sehen).

Wird irgend ein körperliches Object von beiden Augen betrachtet, so sind die von den beiden Augen entworfenen Bilder wegen der verschiedenen Stellung beider Augen verschieden, werden aber im Sehcentrum (Gehirn) zu einem Bild mit körperlicher Vorstellung vereinigt.

Stereoskop = Instrument, an dem durch Zusammenstellung zweier flächenhafter (perspectivisch gezeichneter) Bilder der Eindruck eines körperlichen Objektes hervorgerufen wird.

Für körperliche Objekte in sehr grosser Entfernung (Landschaften) ist der Stellungsunterschied beider Augen zu unbedeutend, das Bild wird trotz der 2 Augen flächenhaft.

Wirft irgend ein Punkt in das eine Auge helles Licht, in das andere nicht (weil ein unter bestimmtem Winkel reflektierter Strahl nicht zugleich in beide Augen fallen kann), so

*) Der Raum, den das Auge übersieht, = Gesichtsfeld.

erscheint er glänzend: Der Glanz entsteht also durch die Vermischung des hellen und dunklen Eindruckes.

Beim binocularen Sehen sind nie beide Augen gleichzeitig und gleichmässig thätig, sondern lösen einander ab, bald ist das eine, bald das andere mehr thätig = Wettstreit der Sehfelder.

B) Weshalb sieht man mit 2 Augen einfach?

Die Erregung bestimmter zusammengehöriger, symmetrisch gelegener, sogenannter identischer, zugeordneter Punkte beider Netzhäute erzeugt einen einheitlichen, einfachen Eindruck auf das centrale Sehorgan. Werden solche identischen Punkte zugleich erregt, so wird die Erregung an ein und dieselbe Stelle des Gesichtsfeldes, dem Schnittpunkt der Sehaxen, verlegt. Jeder Punkt, dessen Bild auf nicht identische Stellen beider Netzhäute fällt, wird zweifach, doppelt gesehen (= Doppelbild).

Horopter (ὅρος Grenze, Ziel) = Gesammtheit aller der Punkte, welche bei bestimmter Stellung der Augen einfach gesehen werden können, d. h. ihre Bilder auf identische Stellen beider Netzhäute entwerfen.

Bei irgend einer bestimmten Stellung der Augen können nur bestimmte Punkte einfach gesehen werden, alle übrigen Punkte werden doppelt gesehen. Die grosse Zahl der daher stets beim Sehen entstehenden Doppelbilder wird nicht beachtet, vernachlässigt, denn

1) wird stets nur 1 Punkt fixiert, dessen Bild auf die beiden Maculae luteae fällt,
2) die seitlichen Netzhautpartien sehen weniger scharf,
3) das Auge ist stets für den fixierten Punkt accommodiert, für andere Punkte nicht eingestellt, entwirft also von diesen nur undeutliche Bilder.

XXI. Zeugung.

Zeugung = Vermögen, Individuen der gleichen Art hervorzubringen.

(Der einzelne menschliche Körper hat nur eine begrenzte Lebenszeit).

Arten der Zeugung.

A) Urzeugung, elternlose Zeugung, Generatio spontanea sive aequivoca. Abiogenesis, Archigonia.

Ohne elterlichen Organismus werden neue Organismen durch Neuschöpfung aus organischer Materie hervorgebracht.

Ob Urzeugung überhaupt vorkommt, ist zweifelhaft.

B) Elterliche Zeugung, Tokogonie, Generatio parentalis = Entstehung neuer Individuen aus gleichartigen elterlichen.

I) Monogonia, ungeschlechtlich. Nur ein elterlicher Organismus.

Man unterscheidet

1) Teilung,
2) Knospung,
3) Keimzellenbildung, siehe nachher.

II) Amphigonia, doppeltgeschlechtlich. Geschlechtliche, sexuelle Zeugung. Geschlechtstrennung, Gonochorismus. Zwei verschiedene Zeugungsprodukte in zwei verschiedenen Individuen.

a) Männliches Zeugungsprodukt = Same, Sperma,
b) Weibliches Zeugungsprodukt = Ei, Ovulum.

Teilung, Divisio:

Der elterliche Organismus zerfällt in mehrere gleichwertige Stücke, jedes dieser Stücke = selbstständiges Individuum, entwickelt sich zu eben solchem Organismus, wie der war, aus dem es hervorgegangen ist. Der elterliche Organismus geht zu Grunde. Wenn eine Zelle sich teilt, so ist der Teil, der sich zuerst verändert, der Kern; derselbe zerfällt in zwei Kerne, und erst dann teilt sich auch die Zelle. Man unterscheidet

a) Direkte Kernteilung. Der Kern zerfällt durch einfache Teilung in zwei Kerne.
b) Indirekte Kernteilung, Karyokinesis. Die Kernteilung geht in sehr verwickelter Weise vor sich.

Knospung, Sprossung Gemmatio:

An einer Stelle des elterlichen Organismus Hervorragung, Knospe, wird grösser und grösser, löst sich ab, wird selbstständig und wird dann schliesslich durch weiteres Wachstum = elterlichem Organismus. Der elterliche Organismus lebt weiter.

Keimzellenbildung, Sporenbildung, Sporogonia:

(σπορά = Keimkorn)

An bestimmten Stellen innerhalb der Zelle glänzende eiförmige Körnchen gebildet, die sich herauslösen, fortleben und sich später zu eben solchen Organismen wie der elterliche ausbilden.

Fruchtbarkeit = Zahl der von einem Individuum in gegebener Zeit producierten Keime neuer Geschöpfe.

Der Mensch	produciert	jährlich	1	mal	1	Junges,
Katze	„	„	2	„	3—6	„
Hund	„	„	2	„	4—9	„
Pferd	„	alle 2 Jahre	1	„	1	„
Hirsch	„	jährlich	1	„	1	„
Kaninchen	„	„	5—8	„	4—7	„
Maus	„	„	4—6	„	4—10	„
Haushuhn	„	„	100 und mehr Eier.			

Erblichkeit = Vererbungskraft = Fähigkeit der Organismen, ihre Eigenschaften auf ihre Nachkommen durch die Fortpflanzung zu übertragen.

Vererbung (Heredität) = thatsächlich stattfindende Übertragung = wirkliche Ausübung dieser Fähigkeit.

Das Ei, Ovulum

= weibliches Zeugungsproduct = rundlich-kugelige Zelle (0,18—0,2 mm Durchmesser) besteht aus:

1) Zellmembran = Zona pellucida, feinradiär gestreift.
2) Protoplasma = Dotter, Vitellus, gekörnt.
3) Kern = Keimbläschen, Vesicula germinativa.
4) Kernkörperchen = Keimfleck, Macula germinativa.

Ovarium = weibliche Keimdrüse.

Die Eier entwickeln sich in den Ovarien innerhalb der Graaf'schen Follikel, welche eine klare, leicht gelblich gefärbte Flüssigkeit enthalten. Diese Flüssigkeit (= Liquor folliculi) vermehrt sich allmählich, der Follikel wächst, tritt dadurch mehr an die Oberfläche des Ovariums, platzt schliesslich (dabei findet gewöhnlich eine kleine Blutung statt) und entleert das Ei in die Bauchhöhle. Ausstossung der Eier aus dem Ovarium = Ovulation. Die nach dem Uterus hin wimpernden Flimmerzellen der Tuben erregen in der Umgebung des Ostium abdominale der Tube eine fortwährende Strömung, welche kleine Teile, z. B. das Ei, in die Tube hinein fortführt. Dasselbe

gelangt schliesslich in ca. 2 Wochen bis in den Uterus. Nicht befruchtet geht es dort zu Grunde, befruchtet entwickelt es sich dort weiter.

An Stelle des geplatzten Follikels bildet sich eine Haematoïdin (= umgewandelter Blutfarbstoff) enthaltende gelbliche Narbe = Corpus luteum.

Neben der Ovulation findet statt die Menstruation = monatlicher Blutabgang aus der Uterinschleimhaut. Die Menge des jedesmal ergossenen Menstrualblutes beträgt 100—250 gr; dasselbe zeigt, wenn ihm alkalische Sekrete beigemischt sind, geringe Neigung zur Gerinnung.

Gewöhnlich scheinen Ovulation und Menstruation zusammenzufallen; ob sie aber stets gleichzeitig stattfinden, steht nicht fest. Jedenfalls hört nach Aufhören der Ovulation auch die Menstruation auf. Ovulation und Menstruation beginnen etwa mit dem 15. Jahre und erlöschen, da die Anzahl der Follikel eine begrenzte ist, ungefähr mit dem 45. Jahre (= Menopause, Klimakterium, Revolution *))

Mamma, die Brustdrüse, = acinöse Drüse, sondert Milch ab, bildet sich aber erst während der Schwangerschaft vollständig aus und kehrt jedesmal, wenn die Lactation**) vollendet ist, in den früheren Zustand zurück. Ductus lactiferi (galaktophori) = Milchgänge = Ausführungsgänge der Drüse, münden auf einer vorspringenden Stelle der Haut, der Brustwarze (Papilla mammae). Brustwarze + nächster Umkreis bräunlich-röthlich pigmentiert = Warzenhof, Areola mammae.

Die Mamma reicht von der III.—V. Rippe und bedeckt einen Teil des M. pectoralis maior. Zwischen beiden Mammae eine Vertiefung = Sinus, Busen.

Der Same, Sperma.

Hode = männliche Keimdrüse = tubulöse Drüse. Zellen des Hodens = Samenzellen. Vas deferens, Samenleiter = Ausführungsgang des Hodens.

Das Vas deferens (stricknadeldick) gelangt durch den Inguinalkanal in die Bauchhöhle, wendet sich dann über den Rand des Schambeins nach innen und unten zur Hinterfläche der Blase, zeigt dort eine spindelförmige Erweiterung (= Ampulle), verjüngt sich wieder und vereinigt sich mit dem Ausführungs-

---

*) Menopause: οἱ μῆνες = Monatsfluss. παύω = beendigen. Klimakterium: (κλῖμαξ Leiter) = Stufenjahre, Wechseljahre. Revolution = Zurückwälzung.

**) Lactatio = Milchabsonderung, Säugen, Stillen.

gang der Vesicula seminalis der entsprechenden Seite. Vas deferens + Ausführungsgang der Vesicula seminalis vereinigt = Ductus ejaculatorius. Der Duct. ejaculatorius verläuft von hinten oben nach vorn unten durch die Prostata hindurch zum Colliculus seminalis und mündet daselbst in die Urethra.

In der Ampulle des Vas deferens finden sich zahlreiche blindsackförmige Drüsen = Drüsen des Vas deferens.

Vesicula prostatica = Sinus prostaticus, linsengross, unpaarig, in der Mittellinie des Körpers gelegen, blindsackförmige Blase, liegt in der Substanz der Prostata, aber von dieser getrennt, mündet nach vorn und unten auf dem Colliculus seminalis zwischen den beiden Ductus ejaculatorii.

Vesicula postatica = entwicklungsgeschichtlicher Rest, homolog dem Uterus, daher auch Uterus masculinus genannt.

Prostata umgiebt den Anfangsteil der Urethra (Pars prostatica urethrae), besteht aus zahlreichen schlauchförmigen (tubulösen) Drüsengängen, zwischen denen sich fibromusculäre Substanz (= Bindegewebe + glatte Muskelfasern) vorfindet. Die zahlreichen Ausführungsgänge der Prostata münden zu beiden Seiten des Colliculus seminalis in die Urethra.

Cowper'sche Drüsen erbsengross, acinös, münden von unten hinten nach vorn oben in den Anfang der Pars bulbosa urethrae, liefern ein wasserhelles klares Secret.

Die aus der Urethra austretende Samenflüssigkeit setzt sich also zusammen aus dem Secret

1) der Hoden,
2) der Drüsen des Vas deferens (Ampulle),
3) der Samenblasen,
4) der Prostata,
5) der Vesicula prostatica,
6) der Cowper'schen Drüsen.

Der aus der Urethra entleerte Same, Sperma = weissliche, zähe, fadenziehende Flüssigkeit, reagiert neutral oder alkalisch, spec. Gewicht 1,036.

Bestandteile:

Wasser 80—90%.

Feste Stoffe 10 % (darunter Albuminate, Nucleïn, Protamin, Lecithin, Cholestearin, Fett, phosphorsaure Alkalien, Chloride).

An der Luft bleibt der Same nicht flüssig, sondern bildet eine erstarrende Masse.

Der Same hat einen eigentümlichen Geruch, den den Geruch verursachenden (unbekannten) Stoff (Riechstoff) hat man Spermatin benannt. Der Geruch haftet dem Secret der Prostata an und verdankt dieser seinen Ursprung.

Bei längerem Stehen scheiden sich aus dem Sperma länglich-rhomboëdrische Krystalle, die sogenannten Spermakrystalle, Samenkrystalle, aus; auch sie entstammen dem Prostatasecret, und man kann sie künstlich erzeugen, indem man das Prostatasecret isoliert auffängt und Ammoniakphosphat zusetzt. (Im Körper liefert der Same selbst das nötige Phosphat.)

Der Same zerfällt in

a) eine Flüssigkeit, die Samenflüssigkeit,

b) körperliche, zellige Elemente = Samenfäden, Spermatozoën, Spermatofila, Spermatosomen*), Zoospermien; diese allein bedingen die Zeugungskraft des Samens.

Die Samenfäden, 50 μ lang, bestehen aus Kopf (abgeplattet birnförmig), Mittelstück, Schwanz (fadenförmig). Die Samenfäden werden von den Samenzellen des Hodens gebildet, indem der Kern der Zelle sich zum Kopf des Samenfadens, das Protoplasma in Mittelstück und Schwanz umwandelt. Das Secret des Hodens besteht fast allein aus den Samenfäden und wird erst während der Entleerung durch die vorher genannten Secrete verdünnt.

Die Samenfäden haben eine Eigenbewegung; der Schwanz des Samenfadens = actives Bewegungsorgan (contractiles Organ), macht schlagende (pendelnde) Bewegungen und wellenförmige Schlängelungen; so wird der Samenfaden vorwärts bewegt, bis ihm ein Hindernis den Weg versperrt.

Geschwindigkeit der Samenfäden ca. 3 mm in 1 Min., d. h. 0,05 mm in 1 Sek., in 3 Stunden können sie vom Hymen bis zum Cervix uteri gelangen.

Die günstigste Temperatur für die Beweglichkeit der Samen-

---

*) $\sigma\tilde{\omega}\mu\alpha$ = Körper; daher auch somatisch = körperlich.

fäden liegt bei Körpertemperatur (36°—37°). Am besten gehen die Bewegungen in den Secreten, welche die physiologischen Verdünnungsmittel des Hodensecrets bilden, und in den Secreten der weiblichen Geschlechtsorgane, vor sich.

Die Bewegung der Samenfäden wird aufgehoben durch starken Wasserzusatz, Alkohol, Aether, Chloroform, Kreosot, begünstigt durch verdünnte Alkalien.

Ausser den Samenfäden enthält der Same noch allerlei andere morphologische Elemente (= Beimischungen aus den Leitungswegen).

Pathologisch.

a) Wird gar kein Same entleert = Aspermatismus.

b) Wird Same ohne Samenfäden entleert = Azoospermie.

Erection (erigo aufrichten).

Erection = Steifung des Penis durch starke Füllung der Blutgefässe infolge vermehrten Zuflusses und verminderten Abflusses, hervorgerufen durch Nerventhätigkeit.

Die Erection des Penis dient dazu, den bereiteten Samen des Mannes in die weiblichen Geschlechtsorgane überzuführen.

Der Penis enthält 3 sogenannte Schwellkörper, Corpora cavernosa*) (2 Corpp. cavernosa penis, 1 corp. cavernosum urethrae). Schwellkörper, Corpora cavernosa = schwammiges Gewebe = stark erweiterte vielfach communicierende Bluträume (entsprechend dem Capillargebiet).

Arterien des Penis: Art. dorsalis penis und Art. profunda penis = Äste der Art. pudenda interna (von der Art. hypogastrica).

Venen des Penis: V. profunda penis ergiesst sich in die V. pudenda interna. V. dorsalis penis entleert sich zunächst in den Plex. pubicus impar (= Plex pudendalis, Plexus Santorini) und erst durch diesen hindurch in die Vena pudenda int.

Die Nerven des Penis entstammen dem Plexus sacralis.

Zur Verstärkung der Erection sind 3 quergestreifte Muskeln thätig:

1. M. ischio-cavernosus.

Ursprung: Sitzbein.

Ansatz: Aussenfläche der Schwellkörper (fibröse Hülle derselben) Umgreift durch sehnige Verbindung mit demselben Muskel der andern Seite schlingenförmig die Peniswurzel.

Wirkung: Compression der Peniswurzel, Abfluss des venösen Blutes gehindert.

*) Caverna = Höhle, Spalte (von cavus: hohl).

2. M. transversus perinei profundus.
   Ursprung: Absteigender Schambeinast, aufsteigender Sitzbeinast.
   Ansatz: Vereinigt sich in der Mittellinie mit dem gleichnamigen Muskel der andern Seite.
   Wirkung: Comprimiert die ihn durchbohrende V. prof. penis.
3. M. bulbo-cavernosus.
   Ursprung: Untere Fläche des Bulbus urethrae.
   Ansatz: Fibröse Haut der Schwellkörper.
   Wirkung: Umfasst den hinteren Teil des Corp. cavernosum urethrae von unten, comprimiert ihn und verhindert das Ausströmen des Blutes. Er kann ausserdem die untere Wand des Bulbus heben, und wenn dieses Heben zuckend (stossweise) geschieht, gewisse Teile (z. B. Samen) aus der Urethra heraustreiben (siehe Ejaculation).
   Beim Weibe da, wo Bulbus urethrae liegt, Vagina; dadurch M. bulbocavernosus in 2 seitliche Hälften gespalten, umfassen die Vagina, = M. constrictor cunni.*)

Erection des Penis = Reflexact (siehe Abschnitt XV.), setzt sich zusammen aus:

1. Mechanische Reizung der sensiblen Penisnerven (Haut des Penis).

2. Der Reiz gelangt durch die sensiblen (centripetalen) Bahnen (N. dorsalis penis) zum

3. Lendenmark (= Erectionscentrum).

Dort erfolgt die Uebertragung des Reizes auf die motorischen (centrifugalleitenden) Nerven und der Reiz gelangt nun durch

4. I.–IV. Sacralnerv zum Penis:
   a) I.—III. Sacralnerv = Nn. erigentes, gefässerweiternde Nerven für die Art. prof. penis.
   b) III. IV. Sacralnerv = motorische Nerven für die Mm. ischiocavernosus, transversus perinei prof., bulbocavernosus. Gewöhnlich erfolgt die Contraction dieser 3 Muskeln, obwohl sie quergestreift sind, nur reflectorisch.

Der reflectorische Act der Erection verläuft jedoch nicht stets in der vorher geschilderten Weise; oft genügt schon Berührung des Körpers überhaupt (= Reizung der sensiblen Hautnerven) oder Beschäftigung des Grosshirns mit darauf bezüglichen Gedanken, um eine Erection hervorzurufen. Die

---

*) Der M. bulbocavernosus (resp. M. constrictor cunni) setzt sich nach hinten in den M. sphincter ani externus fort, mit dem er zugleich in Action tritt.

leitenden Bahnen verlaufen von der Grosshirnrinde durch Pedunculus cerebri, Pons, Medulla oblongata zum Rückenmark.

Beim Weibe entspricht der Erection des Penis eine Erection der Clitoris.

Ejaculation (ejaculo: herauswerfen) = Entleerung des Samens aus der Urethra = Reflexact.

1. Mechanischer Reiz der Haut des Penis.
2. Sensible Bahn = Sensible Nerven des Penis (N. dorsalis penis).
3. Centrum: Lendenmark (etwa in der Gegend des IV. Lendenwirbels = Centrum genitospinale).
4. Motorische Bahn:
   a) IV. V. Lumbalnerv, verlaufen zu dem sehr musculösen Vas deferens und den Samenblasen und bewirken eine starke Peristaltik dieser Canäle. Ist nun der Same bis in die Harnröhre befördert, so wird durch
   b) III. IV. Sacralnerv der M. bulbocavernosus (und auch der ischiocavernosus) in rhythmische Contractionen versetzt und schleudert den Samen aus der Urethra heraus (= höchster Grad der Wollust).

Auch beim Weibe kommt ein der Ejaculation analoger, reflectorisch angeregter Bewegungsvorgang zu Stande, eine peristaltische Bewegung der Tuben und des Uterus; der im Cervix uteri gewöhnlich vorhandene Schleimpfropf wird in die Vagina ausgestossen und mit Nachlass der Contraction zum Teil wieder in den Cervix zurückgezogen. Inzwischen haben sich Cervicalschleim und Sperma in der Scheide vermengt, und so werden mit diesem Schleim eine Menge Spermatozoën in den Cervix hineingezogen. Mit der Erection und Ejaculation ist eine starke Füllung der Venen des Colliculus seminalis verbunden; dadurch wird dem Samen der Weg nach der Harnblase versperrt.

Die durch eine Ejaculation entleerte Samenmenge = 1—6 cbctm.

Wie bei allen Reflexen, ist auch bei der Erection und Ejaculation eine Hemmung des Reflexes vom Gehirn her

möglich. (Psychische Einflüsse: Mangel an Selbstvertrauen, Furcht, Scham.)

Erection und Ejaculation kommen nicht zu Stande, wenn in der Reflexleitungsbahn eine Störung vorliegt (z. B. Rückenmarkskrankheiten).

Geschlechtstrieb. Pubertät.

Geschlechtstrieb = Anregung zur Ausführung aller die Befruchtung bezweckenden Handlungen.

Centrum für den Geschlechtstrieb: Gyrus uncinatus, Ammonshorn.

Der Geschlechtstrieb fehlt vor der Ausbildung der Geschlechtsorgane, vor Eintritt ihrer Secretionsthätigkeit.

Pubertät = Geschlechtsreife = vollständige Entwicklung der Geschlechtsdrüsen und Beginn ihrer absondernden Thätigkeit; tritt beim Weibe etwa mit dem 15., beim Manne mit dem 16.—18. Jahre ein.

Mit dem Eintritt der Geschlechtsreife sind noch bestimmte Veränderungen verbunden:

Beim männlichen Geschlechte wachsen die Barthaare, der Kehlkopf vergrössert sich und die Stimme wird männlich (= Stimmwechsel, Mutation).
Beim weiblichen Geschlechte runden sich die körperlichen Formen ab, und die Brüste werden voller.

Begattung = Beischlaf, Coitus = Vereinigung zweier Individuen (eines männlichen und eines weiblichen), um das Secret der männlichen Keimdrüse des einen in die Leitungswege der Eier des anderen zu übertragen.

Der aktive Teil der Begattung fällt dem männlichen Geschlechte zu. Der Mann führt den erigierten Penis in die Scheide ein und bewegt ihn nach Art eines Spritzenstempels hin und her; durch diese Reibung wird ein mechanischer Reiz auf die Haut des Penis ausgeübt und so die Ejaculation hervorgerufen.

Mit Erection und Ejaculation verbindet sich das Allgemeingefühl der Wollust.

Impotentia (Nicht-Können) = Unvermögen, den Beischlat zu vollziehen.

a) Impotentia coeundi: Einführung des männlichen Gliedes überhaupt nicht möglich.

b) Impotentia generandi: Erection und Ejaculation möglich, aber der ejaculierte Same unfruchtbar.

Befruchtung.

Trifft ein Ei und ein Samenfaden zusammen, so dringt letzterer in das Ei ein, der Kopf des Samenfaden (= Samenkern) verschmilzt mit dem Eikern zu einem neuen Kern, während Mittelstück und Schwanz des Samenfaden in dem Eidotter verschwinden, sich auflösen, so dass schliesslich nur eine neue Zelle = befruchtetes Ei, vorliegt.

Befruchtung des Eies = Eindringen eines Samenfadens in das Ei.*)

Die Befruchtung setzt also ein Zusammentreffen, eine unmittelbare Berührung des männlichen und weiblichen Zeugungsstoffes voraus.

Die Samenfäden, durch die Begattung in die Vagina gebracht, bewegen sich gegen die ihnen entgegenstehende Flimmerbewegung durch Uterus und Tube vorwärts event. bis zum Ovarium.**) Der Ort, wo die Befruchtung erfolgt, ist das Ostium abdominale der Tube und die Tube selbst.

Die überflüssigen Samenfäden erhalten sich etwa noch 8 Tage lebensfähig und gehen dann zu Grunde.

Das befruchtete Ei gelangt infolge der Flimmerbewegung durch die Tube in den Uterus und entwickelt sich dort weiter (pathologisch entwickelt es sich auch an anderen Stellen: in der Tube = Tubenschwangerschaft; in der Bauchhöhle = Abdominal-Schwangerschaft).

Die befruchtete Eizelle vergrössert sich zunächst durch vielfache Teilung, so dass anstatt der einen runden Zelle ein Zellhaufen entsteht, dessen Oberfläche nun durch Aneinanderlagerung vieler kleiner runder Körperchen (Zellen) uneben, gefurcht erscheint; deshalb wird diese fortgesetzte Teilung auch Furchung genannt.

Die Ernährung des menschlichen Eies erfolgt in der ersten Zeit durch Osmose, später tauschen mütterliches und foetales***) Blut direkt Gase und gelöste Stoffe mit einander aus.

Anders ist es beim Hühnerei:

Dasselbe wird nach aussen hin abgesetzt, trägt sein Wachstums- und Ernährungsmaterial in sich und bezieht den Sauerstoff aus der Luft durch die poröse Eischale hindurch.

---

*) Eindringen von Spermatozoën in das Ei = Imprägnation.

**) Das aus dem Ovarium gelöste Ei bewegt sich in entgegengesetzter Richtung, vom Ovarium zum Uterus, den Samenfäden entgegen.

***) Menschliche Frucht mit noch nicht erkennbarer menschlicher Form = Embryo. Menschliche Frucht mit bereits erkennbarer menschlicher Form = Foetus.

Während also das menschliche Ei seine ganze Ernährungs- und Wachstumszufuhr von der Mutter empfängt, muss das Hühnerei sich selbst ernähren und dabei wachsen. Das Hühnerei verwendet einen Teil seiner Substanz (= Bildungsdotter) zum Aufbau, den anderen Teil (= Nahrungsdotter) zur Ernährung = meroblastisches Ei. Das menschliche Ei = holoblastisches Ei, enthält nur Bildungsdotter.

Bastardbildung, Hybridismus (ὕβρις Frevel, Ungesetzlichkeit) = Organismus durch Kreuzen zweier verschiedener Arten erzeugt.

Z. B. Maultier = Pferdestute + Eselhengst.
Maulesel = Pferdehengst + Eselstute.

Doppelbefruchtung = 2 Früchte, Zwillinge.
a) Entweder 1 Ei von 2 Samenfäden
b) oder gleichzeitig 2 Eier befruchtet.

Superfoecundatio, Ueberschwängerung = Befruchtung mehrerer von derselben Ovulationsperiode herrührender Eier durch verschiedene Begattungsacte.

Superfoetatio, Ueberfruchtung = Befruchtung mehrerer aus verschiedenen Ovulationsperioden derselben Schwangerschaft herrührender Eier.

Hermaphroditismus = bisexuelle Einrichtung eines Individuums: Ei und Samen innerhalb desselben Individuums vereinigt neben gleichzeitigem Vorhandensein weiblicher und männlicher Geschlechtsorgane.

Parthenogenesis (= jungfräuliche Zeugung). Trotz Vorhandensein zweier Geschlechter und zweier verschiedener Zeugungsprodukte können sich auch Eier unbefruchtet (jungfräulich, d. h. ohne mit Sperma in Berührung gekommen zu sein), zu neuen Individuen entwickeln, z. B. bei den Bienen:

Königin = Weibchen mit vollkommen entwickeltem Geschlechtsapparat,

Arbeiterinnen = Weibchen mit verkümmerten Geschlechtsteilen,

Drohnen = männliche Bienen.

Beim Ausflug (sog. Hochzeitsflug) wird die Königin von einer Drohne begattet, empfängt sehr reichlich Samen, den sie in dem Receptaculum seminis aufbewahrt. Sie legt nun befruchtete und unbefruchtete Eier, je nachdem, ob sie den vorbeitretenden Eiern Samen aus dem Receptaculum beimischt oder nicht. Unbefruchtete Eier werden zu Drohnen. Befruchtete Eier werden zu weiblichen Bienen.

[Reichliche Fütterung eines befruchteten Eies lässt ein ausgebildetes Weib = Königin entstehen. Bei geringerer Nahrung entstehen geschlechtlich verkümmerte Arbeitsweibchen.]

Metagenesis, Generationswechsel
= Wechsel von Zeugungsformen in dem Lebenskreise einer Art.
Beispiel: Bandwurm.

Fertiger Bandwurm im Darm des Menschen = Kopf (Scolex) + Glieder (Proglottiden).

Der Kopf erzeugt an seiner Basis in der Längsrichtung des Tieres fortwährend neue Glieder, die sich zwischen Kopf und die älteren Glieder einschieben, sodass das dem Kopf zunächst gelegene Glied stets das jüngste, das am weitesten entfernte stets das älteste ist.

[Der Kopf erzeugt also ungeschlechtlich durch Sprossung Glieder.]

Jedes dieser Glieder = kleiner Hermaphrodit, besitzt männliche (Penis) und weibliche (Scheide) Geschlechtswerkzeuge dicht bei einander, begattet sich selbst (= geschlechtliche Zeugung), erzeugt befruchtete Eier, welche mit dem Kot entleert werden. Jedes dieser Eier wächst wieder zu einem Scolex aus. Dieses Auswachsen des befruchteten Eies zum Scolex geschieht in einem Zwischenwirt (z. B. Rind). Gelangt das befruchtete Ei in den Körper des Zwischenwirtes, so erzeugt es alsbald eine Blase, an deren Innenfläche der Scolex sich entwickelt. Solcher Blasenzustand des Bandwurmes = Jugendzustand, auch Finne, Cysticercus*), Blasenwurm genannt. Wird solches Blasen-haltiges (finniges) Fleisch vom Menschen genossen, so wird die Blase verdaut, der in ihr enthaltene Scolex bleibt zurück und entwickelt durch Sprossung Glieder.

---

*) κύστις = Blase; κέρκος = Schwanz.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Alphabetisches Register.

Absorption 60.
Accommodation 280.
Acetessigäther 129.
Aceton 129.
Adenin 141.
Aërodiffusion 60.
Aesthesiometer 232.
Agonie 165.
Albumine 129, 138.
Albuminoïde 138.
Alkaloïde 128.
Allantoïn 129, 140.
Alloxan 124.
Allylsenföl 128.
Amidoäpfelsäure 128.
Amidoäthylsulfosäure 111, 141.
Amidobernsteinsäure 141.
Amidocapronsäure 141.
Amidoessigsäure 111, 141.
Amidothiomilchsäure 141.
Anglum 146.
Anelectrotonus 200.
Angiograph 88.
Antiperistaltik 104.
Äpfelsäure 127.
Apnoë 23.
Arabin 146, 148.
Aromatische Körper 137, 141.
Arteriogramm 88.
Asparagin 128.
Asparaginsäure 108, 141.
Asphyxie 24.
Astigmatismus 281.
Atembewegungen 36.
Atemcentrum 36, 215.
Atmung 23.
Atmungsgrösse 38.
Augenbewegungen 282.
Augenleuchten 281.
Augenspiegel 287.
Austreibungszeit 13.
Axenstrom 57.

Bassorin 146, 148.
Bauchpresse 107.
Bauchspeichel 108.
Befruchtung 295.
Begattung 294.
Benzoësäure 125, 126.
Benzoylglycocoll 126.
Bernsteinsäure 127, 128, 141.
Bilicyanin 112.
Bilifulvin 111.
Bilifuscin 112.
Biliphaïn 111.
Biliprasin 112.
Bilirubin 111.
Biliverdin 112.
Biuret 106, 122.
Blutbewegung 74.
Blutdruck 81.
Blutfarbstoffe 53, 54, 139.
Blutgase 60.
Blutgefässe 57.
Blutgefässdrüsen 92.
Blutgeschwindigkeit 84.
Blutkörperchen 52, 55.
Blutmenge 58.
Blutplättchen 56.
Blutverteilung 89.
Blutwelle 86.
Bilenzcatechin 125, 142.

Camera obscura 270.
Capillaren 57.
Capillarpuls 87.

Capronsäure 141.
Cardiogramm 13.
Carnin 141.
Carotisdrüse 95.
Cellulose 146, 147.
Centralnervensystem 205
Cerebrin 139.
Cholepyrrhin 111.
Cholestearin 53, 110, 146.
Choletelin 112.
Cholin 139.
Choloïdinsäure 111.
Cholsäure (Cholalsäure) 111.
Chondrin 139.
Chorda tympani 101.
Choroides 271.
Chromatische Aberration 265.
Chylus 69.
Chymus 107.
Citronensäure 127.
Claustrum 205.
Coagulation 46, 136.
Consonanten 193.
Constanter Strom 197, 199.
Cornea 271.
Cornealreflex 228.
Corpus luteum 288.
Corpus vitreum 276.
Cortisches Organ 257.
Cowpersche Drüsen 289.
Cystin 141.
Cysteïn 141.

Darmsaft 113.
Defaecation 115.
Deglutitio 102.
Dextrin 146, 148.
Diabetes 109, 149.
Diastole 114.
Diffusion 60.
Digallussäure 128.
Digestio 97.
Dimethylxanthin 141.
Dioptrik 263.
Distoma 56.
Druckpunkte 234.
Drucksinn 233.
Duct. Botalli 91.
Dyslysin 111.
Dyspnoë 24.

Ei 287.
Eiweiss 135.
Ejaculation 293.
Elastin 139.
Emmetropie 280.
Empfindungskreis 233.
Endolymphe 254.
Endosmose 60.
Endothel 57.
EntoptischeErscheinungen275.
Enzyme 50, 98.
Erbrechen 107.
Erection 291.
Ernährung 117.
Erregbarkeit 167.
Eupnoë 24.
Excentrische Projection 237.
Espiration 34.
Extractivstoffe 140.

Fäulnis 150.
Federkymographion 81.
Federmyographion 199.
Fermente 50, 98.
Fernpunkt 281.
Fette 145.
Fettsäuren 142, 144.
Fettverdauung 108.
Fibrin 46, 138.
Fibrinferment 50.
Fibringeneratoren 51.
Fibrinogen 50.
Filtration 67.
Flimmerbewegung 183.
Fluorescenz 265.
Foetalkreislauf 90
Fovea centralis 275.
Fractionsatmung 65.
Froschunterbrecher 173.
Fruchtzucker 146, 148.

Gährung 149, 150.
Galactose 146, 148.
Gallenfarbstoffe 111, 139.

Gallensäuren 111.
Gallussäure 128.
Genussstoffe 117.
Gerbsäure 128.
Gerinnung 46.
Geschlechtstrieb 294.
Gesichtsfeld 284.
Gewürzstoffe 117.
Glaskörper 276.
Globudin 55
Globuline 137.
Glutaminsäure 141.
Glycerin 109, 142, 144.
Glycerinphosphorsäure 127, 145.
Glycin 111, 126, 141.
Glycocyanin 140, 141.
Glycocyanidin 140, 141.
Glykocholsäure 111.
Glykogen 51, 109, 146, 147.
Glykoside 139.
Glutin 139.
Guanin 129, 140.
Guanidin 140.
Gummi 146.

Haematin 55.
Haematodynamometer 81.
Haematoidin 55, 112.
Haemocytolysis 52.
Haemodromometer 84.
Haemoglobin 53, 54.
Haemin 55.
Haemodromograph 84.
Haemotachometer 84.
Harnfarbstoffe 127, 139.
Harnsäure 123, 140.
Harnstoff 122, 141.
Hemialbumose 106, 138.
Hermaphroditismus 296.
Herz 1.
Heteroxanthin 141.
Hippursäure 126.
Hornstoff 139.
Humor aqueus 273.
Hydrobilirubin 55, 112.
Hydrochinon 125.
Hydrodiffusion 60.
Hydroparacumarsäure 125.
Hypermetropie 281.
Hypoxanthin 108, 124, 140.

Ikterus 112.
Inanition 153.
Indican 126.
Indigoblau 126.
Indol 108, 142.
Indoxyl 141.
Indoxylschwefelsäure 125, 126, 141.
Inosinsäure 141.
Inosit 146, 148.
Inspiration 124.
Interferenz 246.
Inulin 146, 148.
Invertzucker 148.
Iris 272.
Irradiation 230, 237, 281.
Isothiocyansäure 128.

Kältepunkte 234.
Käse 118.
Kaltblüter 166.
Katelectrotonus 200.
Kehlkopf 184.
Keratin 139.
Kiemen 44.
Klangfarbe 190.
Knall 247.
Kniephänomen 229.
Kohlenhydrate 146.
Kraftsinn 236.
Kreatin 124, 140.
Kreatinin 124, 140.
Kresol 135, 141.
Kumys 151.

Labferment 98, 105.
Labgerinnung 98.
Lactatio 288.
Lecithin 53, 139, 145.
Leim 139.
Leptothrix 30.
Leucin 108, 129, 141.

Leucocytosis 56. 73.
Leucocyten 55.

Macula lutea 274.
Maltose 146, 148.
Mannit 146.
Melanin 127, 139.
Menstruatio 288.
Mesoxalsäure 124.
Mesoxalylharnstoff 124.
Metadioxybenzol 125.
Metagenesis 297.
Methämoglobin 54.
Methylindol 142.
Methylxanthin 141.
Milch 118.
Milchsäure 127.
Milchzucker 146, 148.
Mucin 101, 139.
Murexid 124.
Myographion 169.
Myopie 281.
Myosin 178.

Nachbilder 279.
Nachdehnung 176
Nahepunkt 280.
Nahrung 117.
Nebennieren 96.
Negative Schwankung 177.
Neigungsströme 177.
Neurin 139.
Neurokeratin 139.
Noeud vital 37.
Nucleïn 139.
Nucleus amygdalae 205.

Obertöne 249.
Oeffnungszuckung 168.
Oelsäure 142.
Ophthalmometer 277.
Optische Cardinalpunkte 266, 277.
Optische Systeme 266, 277.
Orthodioxylbegol 125.
Otolithen 256.
Ovulatio 287.
Ovulum 287.
Oxalate 129.
Oxalsäure 124.
Oxalurie 129
Oxalursäure 126.
Oxalylharnstoff 127.
Oxyhaemoglobin 54.

Palmitin 143.
Palmitinsäure 142.
Pankreas-Ptyalin 108.
Pancreatin 108.
Paradioxybenzol 125.
Parahydrooxyphenylamidopropionsäure 141.
Paraoxyphenylessigsäure 125.
Paraxanthin 141.
Parthenogenesis 296.
Pectin 146, 148.
Pepsin 105.
Peptone 105, 138.
Perilymphe 254.
Peristaltik 104.
Perspiration 44.
Phenol 108, 125, 141.
Phenylgruppe 125.
Phenylpropionsäure 126, 142.
Phlebogramm 87.
Piquûre 110.
Plethysmograph 90.
Pneumatographie 36.
Pneumatometer 37.
Pneumonometer 39.
Polarisation 265.
Propepton 106, 138.
Protagon 139.
Ptomaïne 150.
Ptyalin 100.
Pubertät 294.
Pulswelle 86.
Pupillarreflex 228.

Quakreflex 231.
Quecksilberdruckwage 233.

Reflexe 228.
Reize, Reizung 167.

Reizschwelle 167.
Resonator 249.
Resorcin 135.
Resorption 97.
Retina 273.
Rheochord 198.
Rhodanammonium 128.
Rhodankalium 101.
Rhodanwasserstoff 127.
Ritter'scher Oeffnungstetanus 200.
Ritter-Vallisches Gesetz 198.
Rohrzucker 146, 148.
Rückläufige Sensibilität 225.

Salzsäure 105.
Same 288.
Sarkin 124, 140, 141.
Sarkosin 141.
Säurestarre 178.
Schleimstoff 139.
Schwefelcyansäure 127.
Sehaxe 278.
Senf 128.
Serum 46, 50.
Simultaner Contrast 270.
Skatol 108, 142.
Skatoxylschwefelsäure 126.
Sklera 271.
Specifische Energie 221.
Speckhaut 48.
Sphygmograph 88.
Sphygmomanometer 89.
Spirometer 39.
Stärke 146, 147.
Stearinsäure 142.
Stereoskop 284.
Stromuhr 85.
Sympathicus 21, 225.
Systole 14.

Talg 143.
Tartkreis 233.
Taurin 111, 128, 141.
Taurocholsäure 111.
Temperaturpunkte 234.
Temperatursinn 234.
Terpentinöl 128.
Tetanus 170.
Thoracometer 33.
Timbre 190, 247, 249.
Tonus 219.
Totenstarre 178.
Tracheen 44.
Traubenzucker 146, 148.
Triglyceride 143.
Tripalmitin 143.
Trypsin 108.
Tyrosin 108, 129, 141.

Urate 129.
Urämie 133.
Uramidooxalsäure 127.
Urobilin 55, 112, 127.
Urochrom 127.
Uroerythrin 127.
Uroglaucin 127.
Urorubin 127.
Uroxanthin 127.

Valsalva'scher Versuch 254.
Vasodilatatoren 58.
Vasomotoren, Vasoconstrictoren 57.
Venen 57.
Venenpuls 87.
Vernix caseosa 133.
Vitale Capacität 39.
Vocale 192, 250.

Wärmepunkte 234.
Wärmestarre 178.
Wassergefässsystem 44.
Wehen 229.
Weinsäure 127.
Wundernetze 66.

Xanthin 124, 140.

Zeugung 286.
Zonula Zinnii 276.
Zuckerharnruhr 109, 149.
Zuckerstich 100.
Zwangsbewegungen 213.
Zwerchfell 25.
Zymogen 98.

Druck von Albert Koenig in Guben.

Medicinischer Verlag von **S. KARGER** in **Berlin NW.,**
Charitéstrasse 3.

Klinisches Recepttaschenbuch.

Für Studirende und Aerzte.

Nach der III. Ausgabe des Arzneibuches für das Deutsche Reich.

Zusammengestellt von

Dr. med. FRIEDR. van ACKEREN,

Assistent an der II. medicinischen Klinik der Universität zu Berlin.

Zweite Auflage. Preis eleg. gebd. Mk. 2,50.

Geburtshülfliches Vademecum.

Für Studirende und Aerzte

von

Dr. med. A. DÜHRSSEN,

Privatdocent für Geburtshülfe und Gynaekologie an der Universität und I. Assistent an der geburtshülflich-gynaekologischen Klinik der Charité in Berlin.

Dritte verbesserte Auflage.

Mit 32 Abbildungen. **Preis eleg. gebd. Mk. 4,50.**

Gynaekologisches Vademecum.

Für Studirende und Aerzte

von

Dr. med. A. DÜHRSSEN,

Privatdocent für Geburtshülfe und Gynaekologie an der Universität und I. Assistent an der geburtshülflich-gynaekologischen Klinik der Charité in Berlin.

Mit 100 Abbildungen. **Preis eleg. gebd. Mk. 4,50.**

Medicinischer Verlag von **S. KARGER** in **Berlin NW.,**
Charitéstrasse 3.

Medicinischer Verlag von S. KARGER in Berlin NW.,
Charitéstrasse 3.

Arzneiverordnungen
in der
Kinderpraxis.
Auf Grundlage des Arzneibuches für das Deutsche Reich.
Für Studirende und Aerzte
von
Dr. med. H. GUTTMANN,
pract. Arzt in Berlin.
Zweite Auflage. Preis eleg. gebd. und durchschossen Mk. 2.50.

Compendium
der
Augenheilkunde.
Für Studirende und Aerzte
von
Dr. med. P. SILEX,
Privatdocent für Augenheilkunde und I. Assistent an der königl. Universitäts-Augenklinik in Berlin.
Mit 27 Abbildungen. Preis eleg. gebd. Mk. 4.50.

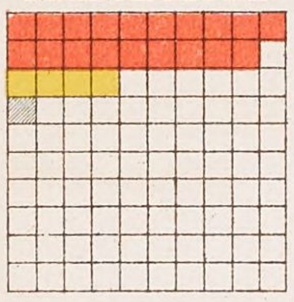
Rudolf Virchow.
Eine biographische Studie
von
W. BECHER,
practischer Arzt in Berlin.
Preis broch. Mk. 2.50, eleg. gebd. Mk. 3.50.

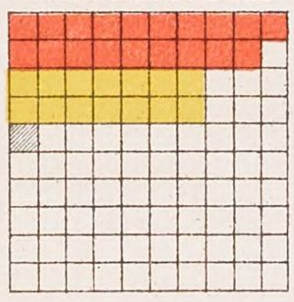
Compendium
der
Pathologischen Anatomie.
Für Studirende und Aerzte
von
Dr. med. R. LANGERHANS,
Assistent am Pathologischen Institut und Privatdocent für Pathologische Anatomie an der Universität in Berlin.
Mit 55 Abbildungen. Preis eleg gebd. Mk. 9.—.

Medicinischer Verlag von S. KARGER in Berlin NW.,
Charitéstrasse 3.

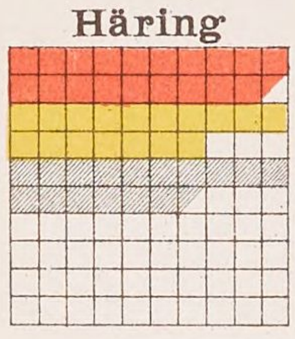
Chemische und procentualische Zusammensetzung der wichtigsten Nahrungsmittel dargestellt von Dr. med. R. Oestreich.

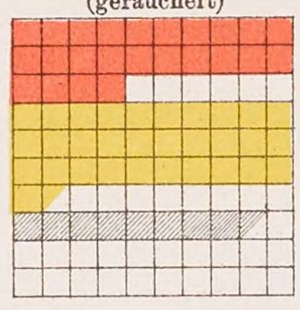
A.) Fleischpräparate.

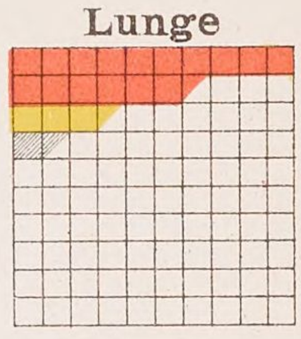

Kalbfleisch

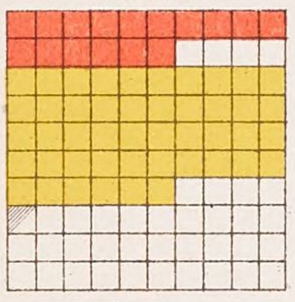

Rindfleisch

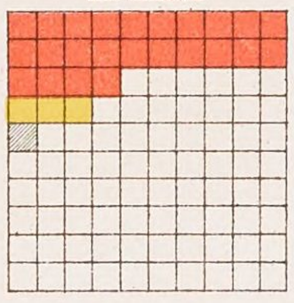
Fleischbrühe

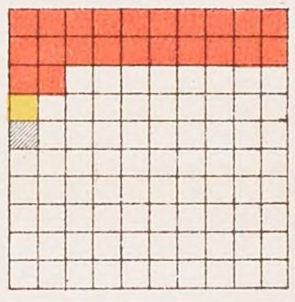

Häring

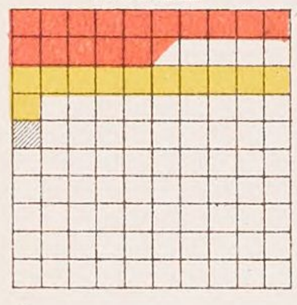

Zunge (geräuchert)

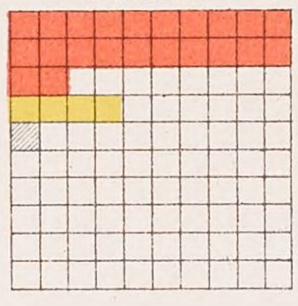

Lunge

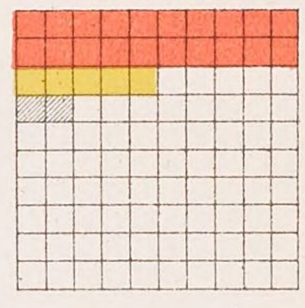

Gans

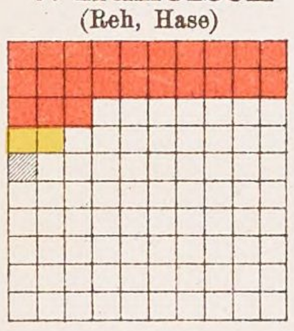

Huhn

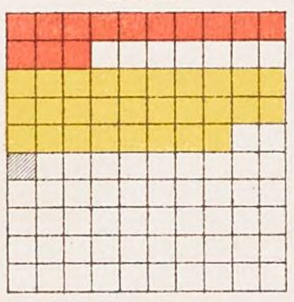

Taube

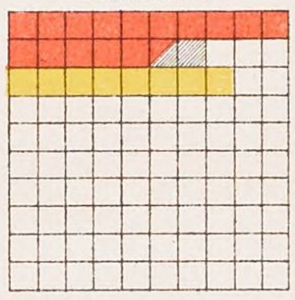

Herz


Niere

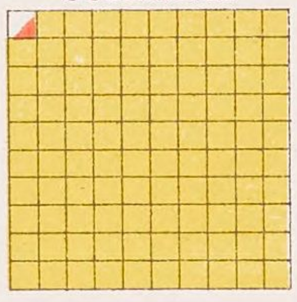

Leber

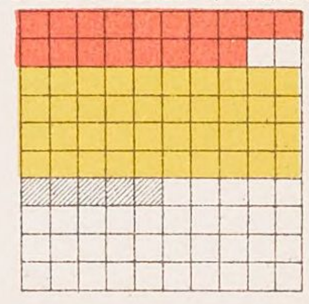

Wildfleisch (Reh, Hase)

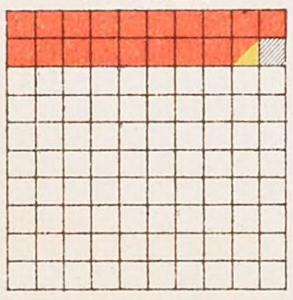

Aal

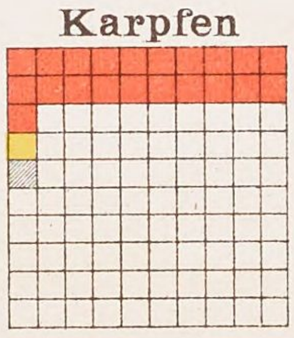

Lachs

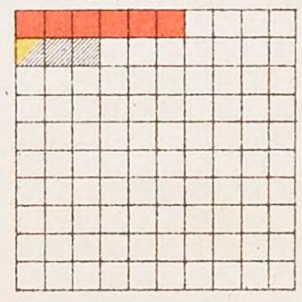
Rindertalg

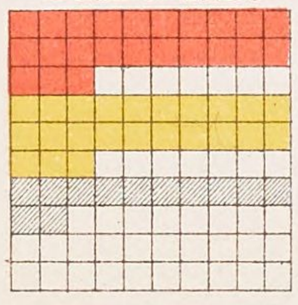

Schweine-schmalz

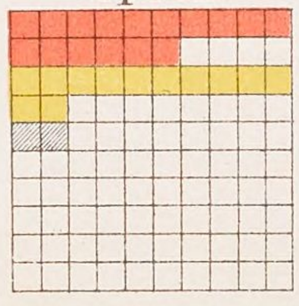

Cervelatwurst


Hecht

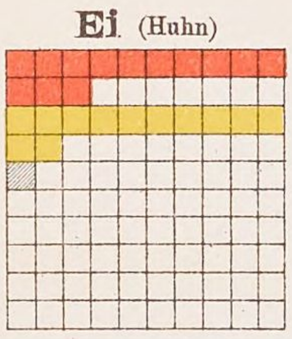

Karpfen

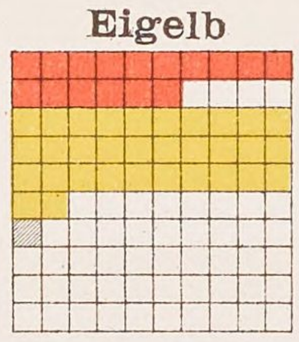

Auster

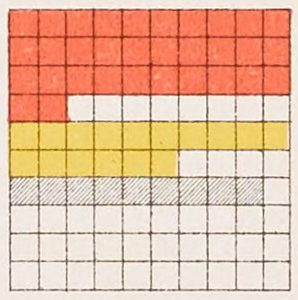

Sülzwurst


Speck

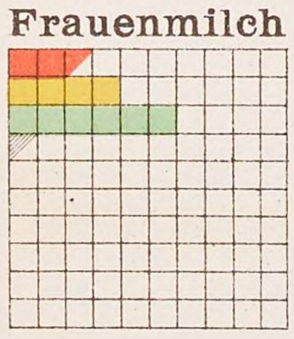
B.) Ei-Präparate.

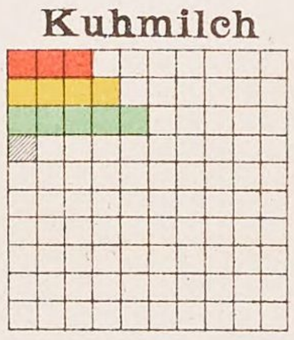

Ei (Huhn)

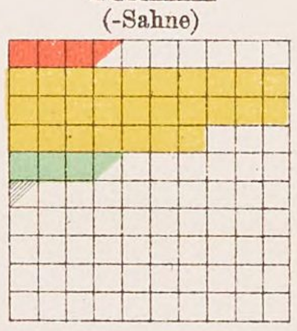

Eigelb

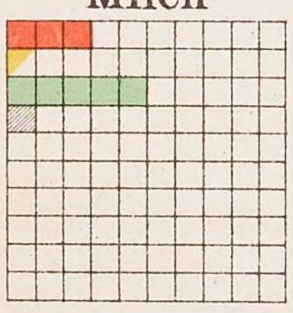

Caviar

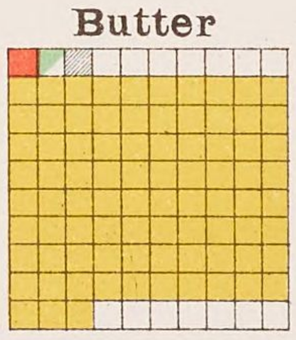
C.) Milchpräparate.

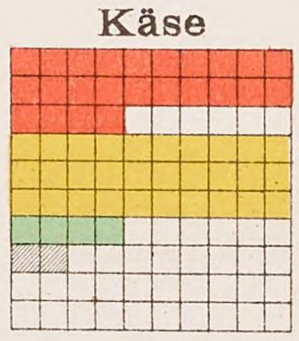

Frauenmilch


Kuhmilch

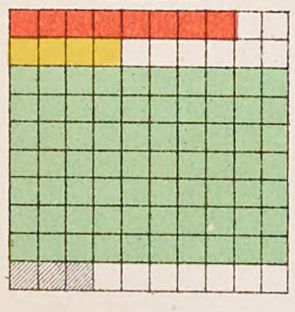

Rahm (-Sahne)

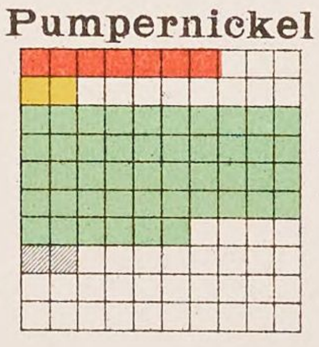

Abgerahmte Milch

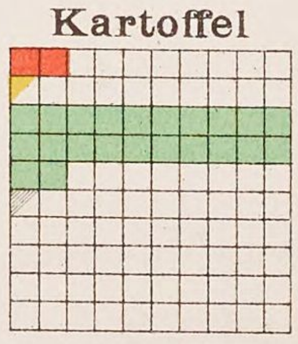

Butter

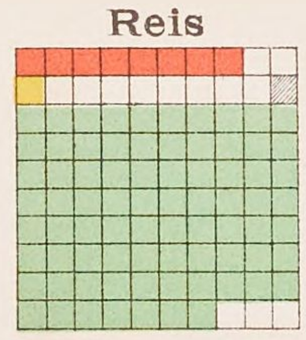

Käse

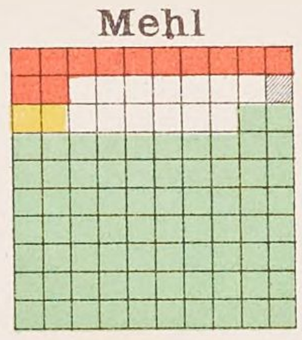
D) Vegetabilien.

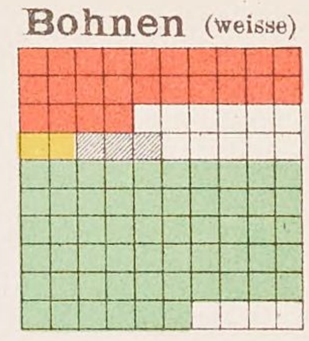

Brod

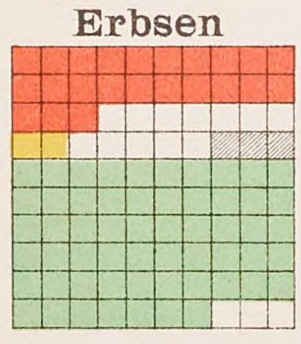

Pumpernickel

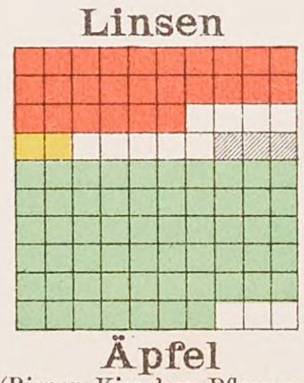

Kartoffel

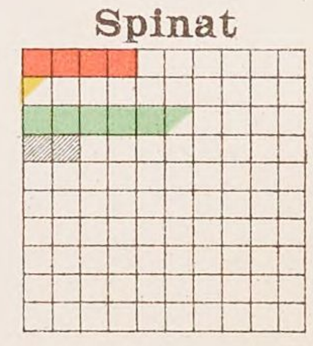

Reis

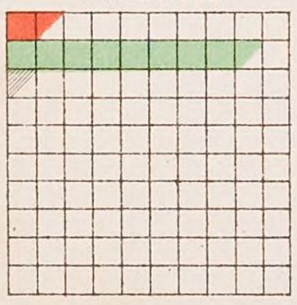

Mehl


Bohnen (weisse)

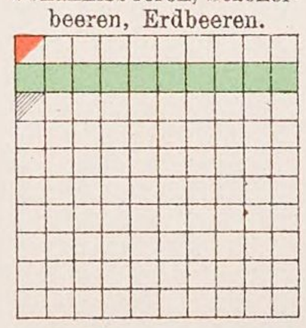

Erbsen

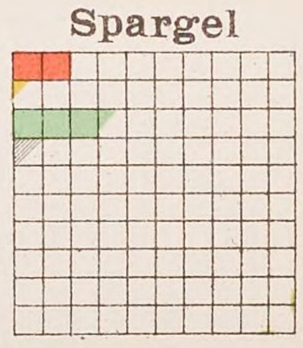

Linsen


Spinat


Rüben

Äpfel (Birnen, Kirschen, Pflaumen, Johannisbeeren, Stachelbeeren, Erdbeeren.




Spargel

E) Alkoholica.

der Alkoholgehalt beträgt:

Bier 3,5%	**Champagner** 11%	**Sherry** 21%
Rotwein 9%	**Madeira** 19%	**Liqueur** 59%
Weisswein 10%	**Portwein** 20%	**Cognac** 69%

F) Coffeïna.

Thee enthält 2% Theïn(=Coffeïn)

Caffee enthält 1% Coffeïn

Cacao enthält 2% Theobromin (steht dem Coffeïn nahe).

□ Wasser ■ Eiweiss ■ Fett ■ Kohlenhydrate ▨ Salz

Verlag von S. Karger in Berlin.

Lith. Anst. von Grack & Aron, Berlin S.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Oestreich, Richard

Compendium der Physiologie des Menschen für Studirende und Aerzte. Mit 75 Abbildungen und einer Farbentafel

Berlin 1891

Anat. 504
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11550447-1